

DISEÑO DE UN GENERADOR DE BRIQUETAS COMBUSTIBLES A PARTIR DE LA COMPACTACIÓN DE LODOS PAPELEROS

DAVID BARRERO JARAMILLO

Trabajo de grado para optar al título de

Ing. Mecatrónico

Ing. Luis Vicente Wilches Peña



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
PROGRAMAS ACADÉMICOS EN LOS QUE SE ENMARCA
ENVIGADO
2013**

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

A mis amigos y familiares, sin ellos no sería lo mismo.

"Si he llegado lejos, ha sido porque he subido en hombros de gigantes" Isaac Newton.

AGRADECIMIENTOS

Especialmente al profesor Luis Vicente Wilches Peña director de este proyecto por su apoyo y acompañamiento en el transcurso del mismo.

Al profesor Yesid Montoya por su acompañamiento en este proyecto, particularmente en lo relacionado con las pruebas de compactación efectuadas en el lodo paplero.

Al profesor Marco Valencia por sus aportes en la caracterización del lodo paplero y su buena disposición en todo momento.

A Pablo Ruíz Moncada y al Departamento de Mantenimiento Mecánico Molinos de la empresa Productos Familia, por su disposición en atender inquietudes y facilitar el material con el cual se realizaron las pruebas

A Ana M. Vasquez y Pablo Tatis estudiante de Ingeniería Biomédica y Meatrónica respectivamente, por su colaboración en las etapas finales del proyecto.

A la Ingeniera Vanessa Torres Grecco por su constante asesoría durante la realización de este proyecto.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	20
1. PRELIMINARES.....	21
1.1 Planteamiento del problema	21
1.2 Objetivos del proyecto	21
1.2.1 Objetivo General.....	21
1.2.2 Objetivos Específicos	21
1.3 Marco de referencia.....	21
1.3.1 Briqueta combustible	22
1.3.2 Papel.....	23
1.3.3 Descripción del proceso para la obtención de papel.....	28
1.3.4 Producción de papel en Colombia	32
1.3.5 Lodo paplero y sus propiedades.....	33
1.3.6 El lodo paplero como fuente de energía	35
2. METODOLOGÍA.....	36
2.1 arquitectura del producto	36
2.2 diseño asistido por computador (CAD)	37
2.3 analisis de elementos (FEA)	38
3. DESARROLLO DEL PROYECTO	39
3.1 caracterización del lodo paplero	39
3.2 Diseño de concepto.....	41
3.3 Benchmarking.....	41

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.3.1	LIPPEL LB32	41
3.3.2	KOMAREK B050	42
3.3.3	METAL CHIP BRIQUETTERS – NEDERMAN.....	43
3.4	TABLA NECESIDADES.....	44
3.5	TABLA DE ESPECIFICACIONES.....	45
3.6	TABLA DE NECESIDADES VS MEDIDAS	46
3.7	DIAGRAMA DE FLUJO	47
3.8	TABLA DE FUNCIONES	48
3.9	DIAGRAMA DE CAJA NEGRA.....	49
3.10	DIAGRAMA DE FUNCIONES.....	49
3.11	solución de funciones	50
3.11.1	Almacenar y procesar material	50
3.11.2	Conversión de energía	54
3.11.3	Manejo de señales.	60
3.12	SELECCIÓN del concepto.....	75
3.13	Descripción del concepto.....	77
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	78
4.1	descripción de concepto solución	78
4.1.1	Estructura general	79
4.1.2	Sistema de almacenaje de material	80
4.1.3	Sistema de dosificación	80
4.1.4	Sistema de pesado.....	81
4.1.5	Sistema de mezclado	82

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

4.1.6	Sistema de compactado	83
4.1.7	Sistema de manejo de señales.....	85
4.2	Análisis de elementos finitos (FEA)	86
5.	CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES	88
5.1	Reflexiones fruto del trabajo y sugerencias para posteriores proyectos.....	88
5.2	CONCLUSIONES.....	88
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de pasta de papel usadas por la industria.	26
Tabla 2 Tipos de papel producidos en la industria actual.....	27
Tabla 3 Propiedades del Papel.....	28
Tabla 4 Necesidades	44
Tabla 5 Especificaciones	45
Tabla 6 Necesidades VS Medidas.	46
Tabla 7 Función almacenar material # 1	50
Tabla 8 Función almacenar material # 2	50
Tabla 9 Función dosificar material #1	51
Tabla 10 Función dosificar material #2	51
Tabla 11 Función pesar	51
Tabla 12 Función mezclar.....	52
Tabla 13 Función compactar	52
Tabla 14 Función calentar	53
Tabla 15 Función expulsar.....	53
Tabla 16 Función pesar	53
Tabla 17 Función transformar AC/DC (potencia)	54
Tabla 18 Función transformar AC/DC (electronica).....	54
Tabla 19 Función elemento de control (mezclar)	55
Tabla 20 Función elemento de control (compactar)	55
Tabla 21 Función elemento de control (expulsar)	56

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 22 Función elemento de control (calentar)	56
Tabla 23 Función transformar energía eléctrica a mecánica (mezclar)	57
Tabla 24 Función transformar energía eléctrica a mecánica (compactar)	57
Tabla 25 Función transformar energía eléctrica a mecánica (expulsar)	58
Tabla 26 Función transformar energía eléctrica a térmica	58
Tabla 27 Función transmitir potencia (mezclar)	58
Tabla 28 Función transmitir potencia (compactar)	59
Tabla 29 Función transmitir potencia (expulsar)	59
Tabla 30 Función encender	60
Tabla 31 Función ingresar variables	60
Tabla 32 Función almacenar información	61
Tabla 33 Función procesar información	61
Tabla 34 Función comunicar.....	62
Tabla 35 Función visualizar información	62
Tabla 36 Función generar reportes	62
Tabla 37 Función medir (peso)	63
Tabla 38 Función medir (RPM)	63
Tabla 39 Función medir (presión)	64
Tabla 40 Función medir (desplazamiento)	64
Tabla 41 Función medir temperatura	65
Tabla 42 Función medir (desplazamiento)	65
Tabla 43 Función medir (peso final).....	66
Tabla 44 Imágenes de soluciones	66

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 45 Selección del concepto A.....	75
Tabla 46 Selección del concepto B.....	76
Tabla 47 Criterios de selección.....	76

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Briqueta formada a partir de aserrín (Fondo de Protección Ambiental (FPA), 2011).	22
Figura 2 Hoja de Papiro (Imperio-Romano, 2013).....	23
Figura 3 Ilustración del proceso de elaboración del pergamino (Flores De Papel, 2012). 25	
Figura 4 Pera de Vaciado (Licar, 2013)	29
Figura 5 Limpiador Centrifugo (Licar, 2013).....	29
Figura 6 Disco Refinador. Los patrones sobre la superficie dirigen la pulpa hacia afuera controlando el tamaño de las fibras (Textos científicos , 2005).	31
Figura 7 Molino de Papel Painsa (PANINSA PAPELERA INTERNACIONAL, 2013)	31
Figura 8 Producción de papeles y cartones (ANDI, 2012).....	32
Figura 9 Consumo aparente de papel desperdicio (ANDI, 2012)	33
Figura 10 Composición de materiales encontrados en los lodos papeleros. (ASPAPPEL, 2008)	34
Figura 11 Proceso de fabricación de la pasta de papel, papel y cartón a partir de papel recuperado. (ASPAPPEL, 2008)	35
Figura 12 Diferentes distribuciones de piezas y componentes en un concepto de diseño. A la izquierda, arquitectura de ranura-modular, en el centro arquitectura bus modular, a la derecha, arquitectura seccional - modular (Ulrich, 2004)	37
Figura 13 Espectro de Infrarrojo con Transformada de Fourier para el lodo de papel.....	39
Figura 14 Microscopía electrónica de barrido del lodo de papel. Vista superficial del lodo a 600 µm	40
Figura 15 Microscopía electrónica de barrido del lodo de papel. Acercamiento de la estructura superficial del lodo a 100 µm.....	40
Figura 16 - Laboratorio de Briquetas LB32 - LIPPEL (LIPPEL, 2012)	41
Figura 17 KOMAREK B050 (KOMAREK, 2009).....	42

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 18 Metal chip briquetters - NEDERMAN (NEDERMAN, 2010)	43
Figura 19 Diagrama de flujo.....	47
Figura 20 Diagrama de caja negra.....	49
Figura 21 Diagrama de funciones	49
Figura 22 Silo de cara circular (krishna grain systems, 2013)	66
Figura 23 Silo de cara rectangular (krishna grain systems, 2013)	66
Figura 24 Silo de cara circular (krishna grain systems, 2013)	67
Figura 25 Silo de cara cuadrada (krishna grain systems, 2013).....	67
Figura 26 Dosificador de paletas rotativas (Garcia Torres, 2012)	67
Figura 27 Dosificador mediante tornillo sin fin (Garcia Torres, 2012)	67
Figura 28 Dosificador de compuerta (Garcia Torres, 2012)	67
Figura 29 Dosificador de paletas rotativas (Garcia Torres, 2012)	67
Figura 30 Dosificador mediante tornillo sin fin (Garcia Torres, 2012)	67
Figura 31 Dosificador de compuerta (Garcia Torres, 2012)	67
Figura 32 Tiempo de apertura.....	67
Figura 33 Rotación de dosificadores (K-TRON, 2013)	67
Figura 34 Tolva de pesaje (dmet, 2013)	67
Figura 35 Mezclador de cintas helicoidales (vibrasec, 2013)	68
Figura 36 Tambor Rotatorio (hongdamach, 2013)	68
Figura 37 Mezclador conico (farmingmachine, 2013).....	68
Figura 38 Dado de extrusión (Escuela tecnica de ingenierias industriales, 2013)	68
Figura 39 Conducción (PSCI, 2002)	68
Figura 40 Sistema balanza con encoder (Sri Chinmoy Centre, 2013)	68

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 41 Tolva de Pesaje (QueBarato, 2013).....	68
Figura 42 fuente de alimentación lineal.....	69
Figura 43 Fuente de alimentación conmutada	69
Figura 44 fuente de alimentación lineal.....	69
Figura 45 Fuente de alimentación conmutada	69
Figura 46 Puente H + PWM (uControl, 2013)	69
Figura 47 Variador de velocidad (SIEMENS, 2013)	69
Figura 48 Válvula control diferencial (mankenberg, 2013)	69
Figura 49 Puente H + PWM (uControl, 2013)	69
Figura 50 Final de carrera capacitivo (Blogspot, 2013)	70
Figura 51 Microsuiche (WIKIMEDIA, 2013).....	70
Figura 52 Relé de estado solido (clion, 2013)	70
Figura 53 Relé electromagnético (sabelotodo, 2013).....	70
Figura 54 Motor trifásico (petrel080, 2013)	70
Figura 55 Motor monofásico (directindustry, 2013)	70
Figura 56 Motor trifásico (petrel080, 2013)	70
Figura 57 Sistema hidráulico (OLX, 2013)	70
Figura 58 Sistema neumático (DINO POWER INDUSTRY, 2013)	70
Figura 59 Motor trifásico (petrel080, 2013)	71
Figura 60 Sistema hidráulico (OLX, 2013)	71
Figura 61 Sistema neumático (DINO POWER INDUSTRY, 2013)	71
Figura 62 Resistencia eléctrica (durawatt, 2013)	71
Figura 63 Engranaje planetario (Wikimedia Commons, 2013)	71

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 64 Tren de engranajes (aprender20, 2013).....	71
Figura 65 Sin-fin Corona (tecnologiasselectividad, 2009)	71
Figura 66 Pistón neumático (qncomponentes, 2013)	71
Figura 67 Pistón hidráulico	71
Figura 68 Tornillo sin fin (atmos, 2013).....	71
Figura 69 Pistón neumático (qncomponentes, 2013)	72
Figura 70 Pistón hidráulico (wtcylinder, 2013).....	72
Figura 71 Interruptor (bricogeek, 2013).....	72
Figura 72 Teclado matricial (espelectronicdesign, 2013)	72
Figura 73 PC (Interfaz de usuario) (r4town, 2013)	72
Figura 74 Perillas (historiadeloscondensadores, 2013).....	72
Figura 75 Memoria EEPROM (espelectronicdesign, 2013)	72
Figura 76 PC (Interfaz de usuario) (r4town, 2013)	72
Figura 77 RS232 (Informatica D.J, 2013).....	73
Figura 78 RS232 + Xbee (XBEE, 2013).....	73
Figura 79 Display (LCD) (unocero, 2013)	73
Figura 80 PC (Interfaz de usuario) (r4town, 2013)	73
Figura 81 Formato Digital (tekserve, 2013)	73
Figura 82 Formato Impreso (GRÁFICOS, 2013).....	73
Figura 83 Celda de carga (wim-systems, 2013).....	73
Figura 84 Sistema de Balanza (pce-instruments, 2013).....	73
Figura 85 Encoder absoluto (Alibaba, 2013).....	74
Figura 86 Encoder Incremental (Alibaba, 2013).....	74

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 87 Sensor piezoresistivo (Sensor, 2013)	74
Figura 88 Sensor de presión capacitivo (SENSING, 2013)	74
Figura 89 Encoder lineal (Sensing, 2013)	74
Figura 90 Ultrasonido (superrobotica, 2013)	74
Figura 91 Termopar (termokew, 2013).....	74
Figura 92 Termistor (microelectronicash, 2013)	74
Figura 93 RTD (hawco, 2013).....	74
Figura 94 Encoder lineal (Sensing, 2013)	75
Figura 95 Ultrasonido (superrobotica, 2013)	75
Figura 96 Infrarrojo (5hz-electronica., 2013)	75
Figura 97 Celda de carga (POISE, 2013)	75
Figura 98 Sistema de balanza (pce-instruments, 2013)	75
Figura 99 Distribución general del dispositivo diseñado. Obsérvese el marcador rojo que sirve para ubicar el centro de masa.	78
Figura 100 Armazón y dimensiones.....	79
Figura 101 Sistema de almacenaje.....	80
Figura 102 Sistema de dosificación	81
Figura 103 Vista explosionada de dosificación	81
Figura 104 Sistema de pesado	82
Figura 105 Sistema de mezclado.....	83
Figura 106 Vista explosionado de sistema de mezclado.....	83
Figura 107 Zona de compactación.....	84
Figura 108 Vista explosionado de sistema de compactación	85

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Figura 109 Análisis de elementos finitos placa de contención de material acero AISI/SAE 1020	86
Figura 110 Análisis de elementos finitos placa de contención de material acero AISI/SAE 4340	87

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 Ficha técnica Lippel LB 32.....	98
Anexo 2 Ficha técnica KOMAREK B050.....	99

GLOSARIO

PODER CALORIFICO INFERIO (RPCI): Calor de la combustión que no aprovecha la energía de condensación del agua (PETROMERCADO, 2013)

PODER CALORIFICO SUPERIOR (PCS): Aprovecha la energía de condensación del agua por tanto, con la misma cantidad de combustible, se genera más calor. (PETROMERCADO, 2013)

ÁLCALI: Compuesto químico con propiedades básicas, caracterizados por la presencia del radica hidroxilo, usado en el proceso de destintado del papel con el fin de remover resinas encolantes y saponificar la tinta (Real Academia Española, 2001)

PERA DE VACIADO: Consiste en un sistema de tamiz por el cual pasa la pulpa de papel después de ser procesada en el pulper. (Alguero, 2002)

PULPER: Lugar en donde se realiza el proceso de trituración de la pulpa. (Alguero, 2002)

LIMPIADOR CENTRIFUGO: Cilindro cónico donde entra la pulpa y mediante la rotación del fluido es posible separar los sólidos dependiendo de su densidad. (TAPPI, 2007)

YANKEE: Cilindro que suministra calor a la hoja de papel en la última etapa de secado. (Aguilar, 2012)

TANQUES CLARIFICADORES: Tanques destinados a la clarificación de agua, es posible encontrarlos con dos metodos de funcionamiento sedimentación y flotación. (NR, 2007)

CELULOSA: Polimero que hace parte parte de la estructura vegetal. En la madera estan presentes en proporciones cercanas al 50%. (Abreu, 2011)

HEMICELULOSA: Foma parte de las paredes celulares vegetales, recubriendo las fibras de celulosa. En la madera se encuentran presentes en la matriz junto a la lignina donde reside la celulosa, representan entre un 27% y un 29% de esta. (Abreu, 2011)

LIGNINA: Compuesto quimico presente en las paredes celulares de organismos vegetales, principalmente en los tallos de las plantas. Se forma a partir del procesamiento de azúcares.

RESUMEN

En este trabajo se presenta el diseño conceptual de un sistema para generar briquetas de lodo paplero, para ello se siguió la metodología de diseño y desarrollo de producto en su etapa de diseño de concepto, comenzando por la definición del problema a través de la realización de entrevistas con expertos, la búsqueda de información técnica y científica, y la realización de pruebas de compactación en material real proporcionado por empresas locales. A partir de las necesidades y especificaciones construidas con esta información se desarrolló una estructura funcional a la que se agregaron principios de solución para la generación de conceptos globales que posteriormente fueron calificados para seleccionar el mejor de ellos. Finalmente se construyó un concepto solución del dispositivo en CAD usando el software NX 8.0. El resultado final fue el concepto de una máquina capaz de producir briquetas a base de lodo paplero útiles para su estudio en condiciones de laboratorio que puede integrar agregados en una mezcla homogénea. El dispositivo puede también generar reportes de las características finales y presiones y temperaturas aplicadas muestra las briquetas así obtenidas.

Palabras clave: Diseño conceptual, briquetas de lodo paplero, compactadora

ABSTRACT

The major objective of this study is to present the conceptual design of a system to develop paper sludge briquettes, following the Product Design and Development Method on its concept design phase. In the first part, data for this study was gathered through experts interviewing, technical and scientific information research and material compacting tests with sludge collected from local companies. In the second part, based on the results and needs detected, a functional structure was developed and global generating concepts were applied to qualify and select the best of them. In addition, a solution concept was built on CAD using NX 8.0 software. The concept of a machine able to produce paper sludge briquettes was the final result of this project. These briquettes would be useful to be studied in laboratory conditions to gain a homogenized mixed. The device also may generate reports with final characteristics for the briquettes, and temperatures and pressure applied.

Key words: concept design, briquettes from paper sludge, compactor

INTRODUCCIÓN

El proceso de fabricación del papel produce gran cantidad de desperdicios que son dispuestos en rellenos. Esta práctica cada vez resulta menos viable debido al constante aumento de la demanda de papel y productos afines, con su consecuente alto costo ambiental, por ello se ha comenzado a investigar acerca de posibles usos para este desperdicio, siendo uno de los más tentativos su utilidad como combustible.

Como aporte a este tipo de proyectos, este trabajo muestra la viabilidad de un diseño conceptual para un dispositivo capaz de generar muestras del lodo comprimido de uso en laboratorio que permita estudiar cuales son las capacidades de estos materiales como combustible controlando las proporciones de los materiales usados en el proceso y generando un reporte final con el peso final, la geometría usada, la proporción de materiales, temperatura y presiones a las cuales se generó la briqueta.

En el primer capítulo se presentan la propiedades y componentes del lodo paplero detallando el proceso del papel, en qué etapas de este se genera el desperdicio así como los medio de compactación y briqueteado que se aplican actualmente. Posteriormente se discute sobre la generación de desechos de la industria papelera en Colombia y su constante aumento.

En el capítulo dos se describe el proceso de diseño que se llevó a cabo para generar el concepto y las diferentes etapas que lo componen. Posteriormente, el capítulo tres presenta las necesidades que se obtuvieron con base a entrevistas e investigación de maquinaria similar, el procesamiento de la información, y de la información obtenida de pruebas de compactación preliminares hechas sobre lodos. La lista de funciones construida a partir de las necesidades y especificaciones se muestra a continuación acompañada de los diagramas de caja negra y transparente así como de la matriz morfológica, método de generación conceptos de usado para este proyecto. La calificación del concepto ganador concluye el proceso de diseño conceptual, que en esta etapa sirve de base para la construcción de un boceto tridimensional elaborado con ayuda del software NX 8.0

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1. PRELIMINARES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se requiere el diseño de un dispositivo piloto a pequeña escala (menos de 10 unidades por hora de trabajo) que permita obtener briquetas combustibles por compactación a partir de lodos papeleros desechados durante la producción de papel.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.2.1 Objetivo General

Diseñar conceptualmente un dispositivo piloto a pequeña escala que genere briquetas combustibles mediante la compactación de lodos papeleros.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Establecer las especificaciones de diseño del dispositivo generador de briquetas.
- Construir una estructura funcional que represente la labor que realizará el dispositivo para conformar briquetas.
- Generar un concepto de solución para el dispositivo generador de briquetas planteado.
- Construir un boceto del concepto seleccionado usando herramientas de diseño asistido por computador (CAD).

1.3 MARCO DE REFERENCIA

Dado el carácter multidisciplinario que tiene el problema afrontado, se hace necesario el uso de un marco conceptual que resume diversos temas que van desde tópicos del diseño mecánico hasta elementos de la ciencia de materiales. A continuación se muestra dicho texto que comienza con una breve revisión de términos generales relacionados con la implementación de un dispositivo para la conformación de briquetas, seguido de elementos relacionados con la producción de papel a escala industrial, haciendo énfasis en sus insumos y desperdicios. A partir de esta información se ahonda en la naturaleza de los lodos papeleros, en sus métodos de compactación y uso como combustible.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

1.3.1 Briqueta combustible

También llamada bloque sólido combustible, este término puede ser confuso debido a que no especifica ni el material ni la forma que pueden tener, su única característica común es la alta densidad del material que lo conforma producto de la compactación en geometrías definidas reproducibles (Martín, 1994). Este tipo de combustible se presenta como una alternativa frente a otros materiales como la madera, el carbón, kerosene y gas natural comúnmente utilizados en las calderas industriales. Las briquetas combustibles pueden ser usadas en cualquier equipo que utilice combustibles sólidos convencionales sin que deba ser modificado. (Tienda Biomasa, 2011)



Figura 1 Briqueta formada a partir de aserrín (Fondo de Protección Ambiental (FPA), 2011).

Como beneficio extra de su uso como combustible, se tiene la gran facilidad para su almacenamiento y transporte puesto que se eliminan los problemas que supone la manipulación de material granulado o informe, como ese el caso de la madera y el carbón. (Martín, 1994) Dependiendo del uso final que se dará a la briqueta, se realizan modificaciones de tamaño, peso, materiales y porcentaje de humedad, con el fin de controlar su velocidad de combustión y poder calorífico. (Martín, 1994).

Las briquetas son conformadas mediante proceso de compactación y están compuestas generalmente a base de aserrín, cascara de arroz, bagazo de caña, cascara de café o residuos sólidos inservibles de procesos industriales como es el caso de los generados por la producción papelera. (Ministerio del medio ambiente Gobierno de Chile, 2011). Sus formas y diseños pueden variar entre esferas, cilindros, lingotes y octágonos, adicionando orificios en su interior para facilitar una combustión más acelerada debido a que se aumenta el área de contacto con la llama (Martín, 1994). Cada una de estas geometrías depende del método de compactación utilizado para la conformación de la briqueta (FAO - Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación, 1981), manipular

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

detalles de estas geometrías, por ejemplo redondeos y biseles para eliminar aristas vivas, permite alterar sus propiedades otorgando resistencia a la fractura.

Otras características importantes en las briquetas son su peso y humedad. El peso debe oscilar entre 1 y 3 kilos (EYLOBIOM, 2012) y su humedad debe ser menor al 12%. Los valores de humedad no suelen variar mucho después del proceso de conformación debido a que las altas presiones usadas sobre el material generan un proceso de baquelizado¹ el cual evita que el agua afecte fácilmente a las briquetas (Martín, 1994).

Las briquetas son usadas como fuente de energía térmica ecológica y renovable, (Tienda Biomasa, 2011) en hornos, calderas y secadores, su poder calorífico varía según el material con el que se conforme, pero debido a que en el proceso de compactación se reduce la humedad, la briqueta tendrá un poder calorífico superior al que exhiben los materiales que las conforman (Martín, 1994). Además de la forma, también es posible obtener diversas respuestas de las briquetas según el material o combinaciones de materiales usados en ellas (LIPPEL, 2012),

1.3.2 Papel

El papel se define como una hoja delgada compuesta a partir de fibras vegetales que son molidas, blanqueadas, diluidas en agua y secadas, a la cual se le añaden diferentes sustancias como polipropileno y polietileno con el fin de agregar diversas características como resistencia a la humedad, capacidad de absorber tinta, resistencia, entre otras. (García Hortal, 2007)



Figura 2 Hoja de Papiro (Imperio-Romano, 2013).

¹ Este proceso es causado al aplicar temperatura en la parte exterior de la briqueta causando que se genere “una fina película plástica” de color oscuro que impide el ingreso de humedad al interior de la briqueta (Martín, 1994)

Las primeras producciones de papel se dieron en el antiguo Egipto con el uso del papiro que es una fibra vegetal abundante en las riberas del río Nilo (Cobiella, 2006) con la cual se conformaban laminas en las que después de puestas a secar era posible escribir sobre ellas (Real Academia Española, 2001). El uso de este material, pese a su alto costo, se extendió por toda Asia menor durante la Edad Antigua, siendo usada en asuntos de estado y por familias adineradas entre griegos y romanos (ver figura 2).

Por otro lado en China alrededor del S. II DC, se comenzó a fabricar papel a partir de cortezas de moreras, bambú o cáñamo (Camara de papel, 2008), siendo una actividad casi exclusiva de esta civilización por al menos 500 años (Cobiella, 2006). Con el surgimiento de la imprenta china alrededor del año 800 D.C se estimuló más el consumo de papel en las cortes chinas, llegando su impacto hasta occidente a través de la ruta de la seda (Imprenta Nacional de Colombia, 2013).

Antes de la llegada del papel a Europa era común el uso de pergaminos (pieles curtidas de diferentes animales) los cuales resultaban más fáciles de encontrar y poseían mayor resistencia mecánica que el papiro egipcio. Para elaborarlos se tomaba la piel fina y flexible de un animal joven que era despojada de pelo con ayuda de cuchillas y piedra pómez. Las hojas de cuero, luego de ser sumergidas en disoluciones de cal para su preservación, eran secadas al aire pretensadas para evitar arrugas o pliegos. El producto final, pese a responder a las necesidades de escritura era demasiado costoso para ser producido en grandes cantidades (Flores De Papel, 2012).

Siglos después los árabes traerían consigo desde el lejano oriente las técnicas de producción de papel basado en fibras vegetales, las cuales a la postre mejorarían permitiendo un notable aumento de su calidad con relativos bajos costos de producción (Papelera del nevado, 2013). La introducción del papel árabe en Europa y la posterior aparición de la imprenta de caracteres móviles de Gutemberg en 1450 disparó la demanda de papel en el viejo continente, haciéndolo popular entre círculos sociales privilegiados como el clero o la nobleza (National Geographic España, 2013).

Desde entonces Europa encabezaría los principales avances en la fabricación de papel, siendo el punto culminante el desarrollo de la máquina de Nicholas Luis Robert durante el s. XVIII. Este artilugio permitía generar un rollo continuo de papel de ancho y espesor constantes que podía embobinarse para su fácil almacenamiento y transporte. En poco tiempo esta máquina desplazó los métodos manuales de producción, convirtiéndose en el arquetipo de la gran industria papelera que sobrevive hasta la actualidad (HQ Paper Maker, 2004).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



Figura 3 Ilustración del proceso de elaboración del pergamino (Flores De Papel, 2012).

La creciente demanda de papel en una Europa dominada por la revolución industrial estimuló una desenfrenada producción de pulpa que requería grandes cantidades de materia prima, a la vez que generaba subproductos difíciles de manejar en igualdad de proporciones. Esta realidad se ha mantenido sin variaciones generando graves problemas ambientales debido a las altas tasas de materia prima requeridas y a los subproductos generados (entre 2 y 3,5 toneladas de madera son necesarias para producir una tonelada de pulpa) (Greenpeace, 2006).

El método de producción moderno no ha variado mucho del planteado por Nicholas Luis Robert la diferencia principal radica en la variedad de pastas que se usan, los tipos de papel, las propiedades que se le otorgan al mismo y el gran volumen de producción (HQ Paper Maker, 2004).

En la tabla 1 muestran algunas características de las pastas producidas actualmente para elaborar papel. En la tabla 2 se muestran los diferentes tipos de papeles que se producen.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 1 Tipos de pasta de papel usadas por la industria.

Tipo de Pasta	Propiedades
Pasta mecánica de madera	Es obtenida en las primeras etapas del proceso, se obtiene un producto impuro, debido a que la celulosa se mezcla con otros componentes de la madera, es utilizada en papeles de baja calidad como papel periódico. Tiene poca consistencia y se amarillea al poco tiempo de fabricación
Pasta morena	Se obtiene desfibrando la madera después de haber sido lavada y hervida. Se consigue una pasta de fibras largas y resistentes con las que es posible elaborar cartones, papel de embalaje, sacos de papel, etc.
Pasta química o celulósica	Los pasos iniciales son similares a los realizados con la pasta mecánica, después de realizados se agrega una solución de bisulfito a gran temperatura, luego se lava la mezcla, se blanquea y desfibra. Este tipo de pasta es usada para papeles de buena calidad.
Pasta de paja	Para fabricarla se utilizan cereales y arroz. Posee un color amarillento, es utilizada para papeles de carnicería y el interior del cartón ondulado.
Pasta de recortes	Se logra mezclando las pastas con recortes de papel procesado, con el fin de reducir costos y es posible subdividirlos en las siguiente categorías: <ul style="list-style-type: none"> • De cortes de bobina: obtenida en las fábricas al realizar los cortes de las bobina y es utilizada en papeles de buena calidad. • Recortes domésticos: Proviene de papel obtenido en oficinas y es utilizado en papeles de baja calidad. • De calle o impresos: Solo es utilizado para fabricación de cartón gris.
Pasta de trapos:	Al estar los trapos compuestos de celulosa pura solo se es realizada una limpieza antes del proceso. Para este tipo de pasta solo son utilizados trapos de algodón, cáñamo, lino, yute y seda. Con esta pasta son conformados papeles de alta calidad.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 2 Tipos de papel producidos en la industria actual

Tipo de Papel	Descripción
Papel Cristal	Papel traslucido, muy liso y resistente a las grasas, fabricado con pastas muy refinadas, utiliza un semisulfurizado de calidad superior y es fuertemente calandrado. A causa de su impermeabilidad y bella presentación se utiliza en empaquetadura de objetos de lujo.
Papel Libre de Acido	Durante su fabricación se toman precauciones al no utilizar materiales ácidos como el aluminio y el cloro utilizados en las operaciones de encolado y blanqueo.
Papel Kraft	Papel de elevada resistencia, fabricado a partir de la pasta química Kraft. Se presenta en color crudo o blanqueado, es utilizado en productos de embalaje o en documentos contables, registros, documentos oficiales, etc. El termino Kraft proviene de la palabra alemana resistencia.
Papel Liner	Papel de gramaje ligero usado en las cubiertas externas de cartones ondulados.
Papel (Cartón) Multietapa	Es obtenido al combinar varias capas de aun estando en estado húmedo, ya sean de composiciones iguales o distintas y se adhieren mediante compresión, ningún adhesivo es utilizado en el proceso
Papel Semisulfurizado	Se elimina el uso de pasta mecánica, presenta una elevada resistencia a la penetración de grasas, adquirido mediante tratamiento mecánico intensivo durante el proceso de refinado.
Papel Sulfurizado	Su propiedad principal es su impermeabilidad a las grasas y alta resistencia en húmedo aun en altas temperaturas, se obtiene al pasar la lámina de papel durante unos segundos por una solución de ácido sulfúrico al 75%. Al contacto con el ácido la celulosa se torna gelatinosa y obstruye lo poros del papel
Papel Tissue	Papel de bajo gramaje, suave, compuesto principalmente de fibras naturales, es tan delgado que suele utilizarse en varias capas. Se caracteriza por su buena flexibilidad, suavidad superficial, baja densidad, y alta capacidad de absorber líquidos.
Papel Permanente	Es capaz de resistir grandes cambios físicos y químicos durante largos periodos de tiempo (varios cientos de años). Generalmente libre de ácido, es fabricado a partir de fibras de lino o algodón.
Papel Fluting	Fabricado únicamente para ser ondulado y permitir propiedades de rigidez y amortiguación a los cartones ondulados

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En la siguiente tabla se citan algunas propiedades del papel apreciadas por su utilidad.

Tabla 3 Propiedades del Papel

Propiedades	Descripción
Durabilidad del papel	Es la capacidad del papel de cumplir las funciones durante su uso, después de pasar largos periodos almacenados. Esta propiedad se ve afectada debido a la presencias de ácido que degradan las cadenas de celulosa.
Estabilidad dimensional	Indica la capacidad de un papel o cartón de conservar sus dimensiones originales ante cambios de en su contenido de humedad o variaciones en la atmosfera circundante.
Mano	Este término expresa la relación entre el espesor y el gramaje del papel, este valor disminuye al aumentar la densidad de la hoja.
Resiliencia	Determina la capacidad del papel para retornar su forma original después de haber sido deformado. Esta propiedad aumenta con la presencia de parta mecánica
Carteo	Combinación de tacto y sonido que produce una hoja de papel cuando se agita manualmente.

1.3.3 Descripción del proceso para la obtención de papel

El proceso inicia en la etapa de recolección de materia prima, que puede ser reciclada, virgen o una mezcla de ambas. El material es lanzado al pulper, donde esta es mezclado con agua, y gracias al efecto de rozamiento generado por una hélice ubicada en la parte inferior comienza a desintegrarse formando una pasta uniforme (García Hortal, 2007), posteriormente esta es pasada por su primera etapa de limpieza en la pera de vaciado, donde la pulpa es presionada contra un tamiz por efecto de un aspa, generando de esta manera que las impurezas de mayor tamaño queden a un lado del tamiz donde posteriormente son expulsadas.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.



Figura 4 Pera de Vaciado (Licar, 2013)

Después de pasar por la pera la pulpa es almacenada en tanques donde debe agitarse constantemente para evitar que se sedimente y pierda consistencia, comienza entonces su proceso por la planta de tratamiento en donde se realizan proceso de limpieza, blanqueo y espesado.

El proceso de limpieza se realiza con diferentes equipos, tales como Diabolos, Screens tanto horizontales como verticales, que al igual que la pera estos presionan la pulpa con la ayuda de espas giratorias contra tamices que decrecen en tamaño progresivamente y limpiadores centrífugos o canister los cuales por medio de efecto centrifugo son capaces de desplazar los residuos que son ya sea más pesado o más livianos dependiendo del tipo de limpiador, usualmente se usan ambos para obtener una pulpa más limpia.

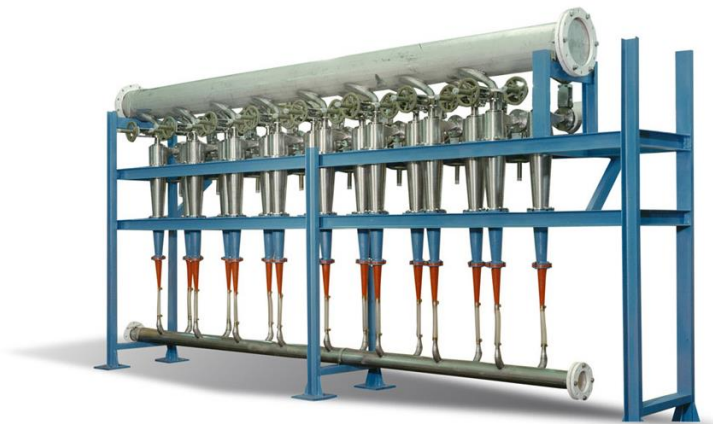


Figura 5 Limpiador Centrifugo (Licar, 2013)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Después de realizar el proceso de limpieza se traslada la pulpa a celdas de destintado donde comienza el proceso de remoción de la tinta que contienen las fibras recicladas, esto se logra ubicando la pulpa que en esta etapa del proceso se encuentra dispersa en grandes cantidades de agua y esta es mezclada en agentes dispersantes tales como jabones, aceites sulfurados, bentonita, metasilicato de sodio, entre otros. Entre las sustancias que se desean usar en este proceso están el álcali que se encarga de saponificar², un agente dispersante con el fin de evitar la aglomeración de las tintas después de ser separadas del papel y un agente absorbente que tome la tinta y evite que esta se deposite nuevamente en la pulpa. (Lindero Emiliano, 2007)

Existen tres tipos de tintas principales que se intentan eliminar en el proceso de destintado: las tintas a base de aceite, tintas a base de resinas sintéticas y tintas metálicas a base de látex. Las tintas a base de aceites y las resinas son fácilmente removidas por medio del proceso de saponificación, las tintas metálicas por otro lado son más complicadas de eliminar mediante este proceso por este motivo son usados jabones o detergentes, usualmente no se usa más del 5% de sosa en las soluciones sobre la base de papel, muchas plantas logran buenos resultados con concentraciones que rondan el 2%, en la industria se remueve al redor del 85% de la tinta presente en la pasta, teóricamente es posible remover hasta el 99% de tinta con lavados repetitivos, a nivel comercial esto no es posible de realizar debido a que la tinta tiende a reagruparse con la pulpa. (Lindero Emiliano, 2007)

Finalmente llega el proceso de espesado, que consiste en reducir el nivel de humedad dentro de la pasta, esto se hace con dos fines principales, el primero aumentar la capacidad de almacenaje y el segundo lograr una consistencia óptima para los procesos siguientes, este proceso va en conjunto con el proceso de dispersión que se encarga de dispersar las suciedades que no fue posible eliminar de la pulpa y por medio de la aplicación de energía mecánica y calórica dispersar estas suciedades en el medio acuoso.

Después de realizados todos los procesos de limpieza y preparación de la pasta para su formación se lleva al proceso de refinado que se realiza para aumentar la capacidad que poseen las fibras para afieltrarse o unirse entre ellas, para realizarlo se debe hacer pasar la pulpa entre discos metálicos rotatorios (figura 6) generando roturas en las fibras y se generen puentes de hidrogeno entre las fibras aumentando su resistencia a la tracción. (Cutes Europe Ltd., 2012)

² Saponificar: Proceso industrial que consiste en hervir la grasa añadiendo lentamente sosa caustica (NaOH) (Wordreference, 2005)

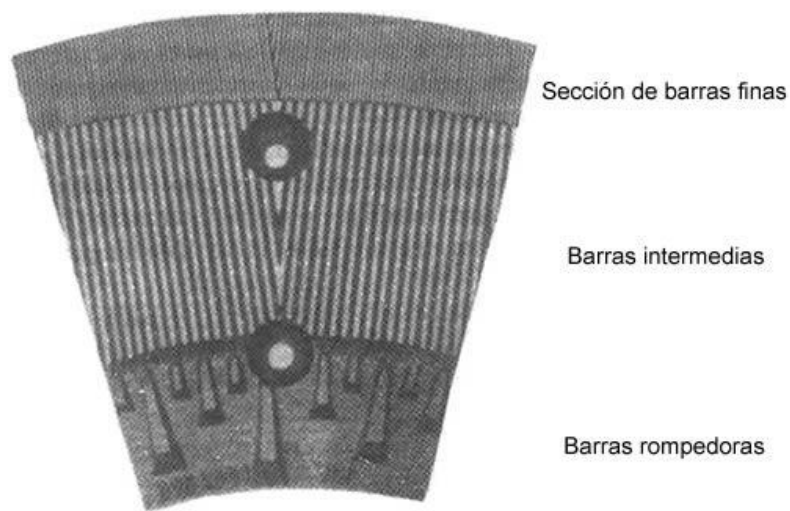


Figura 6 Disco Refinador. Los patrones sobre la superficie dirigen la pulpa hacia afuera controlando el tamaño de las fibras (Textos científicos , 2005).

La pasta después de ser refinada se lleva a llamada molino que está separada en tres etapas principales, formación, prensado y secado.



Figura 7 Molino de Papel Painsa (PANINSA PAPELERA INTERNACIONAL, 2013)

En la etapa de formación el papel es posicionado en la malla lugar en donde toma forma y comienza el proceso de eliminación de humedad, posteriormente es pasado al fieltro, donde es prensado eliminando la mayor cantidad de agua posible antes de llegar al yankee que se encuentra previamente calentado por medio de vapor usualmente generado en las calderas propias de las plantas papeleras con temperaturas que alcanzan valores de hasta 125 °C, en este último el papel termina de ser secado para poder ser enrollado y procesado, durante el proceso de enrollado es posible realizar una acción llamada calandrado que aporta suavidad al papel, esta se logra haciendo que el rodillo que enrolla el papel gire a una velocidad un poco mayor que la del rodillo yankee. (CARTOPEL, 2013)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

A partir de la década de los 90 se registró un creciente uso de fibras recicladas debido a la necesidad de reducir los costos de producción garantizando su competitividad (Coburn & Dolan , 1995). El uso de material reciclado afectó decisivamente la forma de manejar los desechos producidos durante la elaboración de papel puesto que aumentaron entre dos y cuatro veces a los generados únicamente con pulpa virgen debido a los procesos de destintado que deben aplicarse a la materia prima (Scott & Smith, 1995) y al aumento de rechazos, puesto que las fibras sólo pueden ser reutilizadas entre 7 u 8 veces (ASPAPEL, 2008).

1.3.4 Producción de papel en Colombia

En Colombia actualmente se procesan alrededor de 1.158 millones de toneladas para diferentes tipos de productos fabricados a base de papel y cartón (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia, 2012), de esta producción el 11% es destinado a papel de imprenta, 33% a papeles para impresión y escritura, el 45% a papel y cartón destinado a embalaje, el 7% destinado a productos de aseo personal y el otro 4% está repartido en diferentes productos fabricados a base de celulosa (DNP, 2003), del papel producido actualmente 732,7 mil toneladas pertenecen a productos reciclados lo cual representa un consumo de 60% de material reciclado para el 2011.

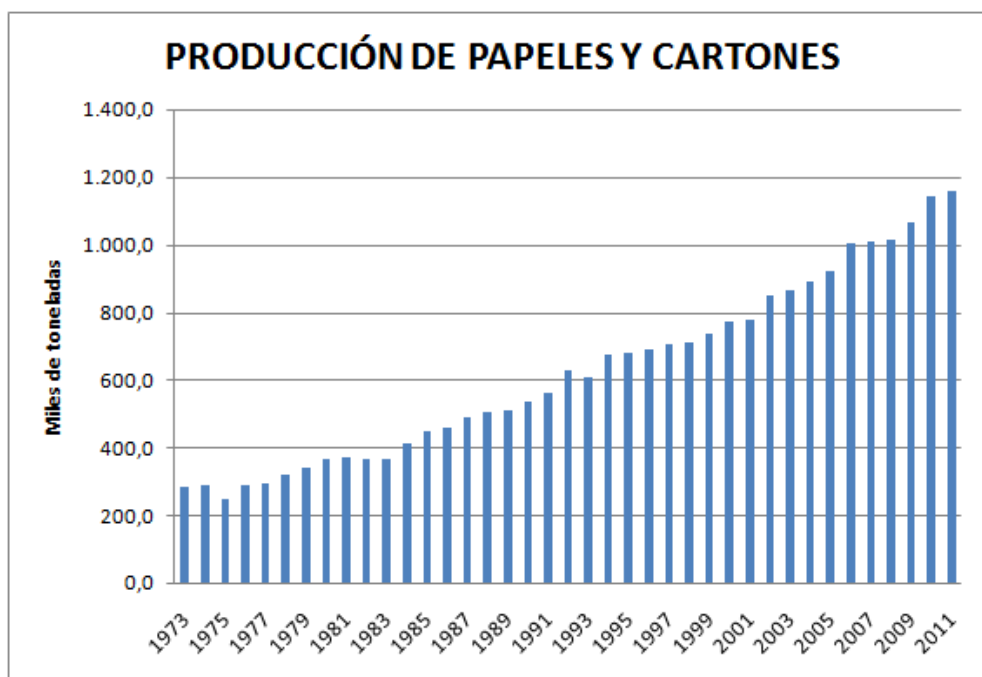


Figura 8 Producción de papeles y cartones (ANDI, 2012)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

En las figuras 8 y 9 se observa la producción de papel y el consumo de papel reciclado en los últimos años en el país. (ANDI, 2012) Esto muestra el comportamiento del mercado y su inclinación al uso de productos reciclados, el motivo por el cual es comprado producto reciclado del exterior es debido a que el proceso de separación de residuos que se implementa actualmente genere productos de mala calidad que aumentan los costos en el proceso de limpieza del papel.

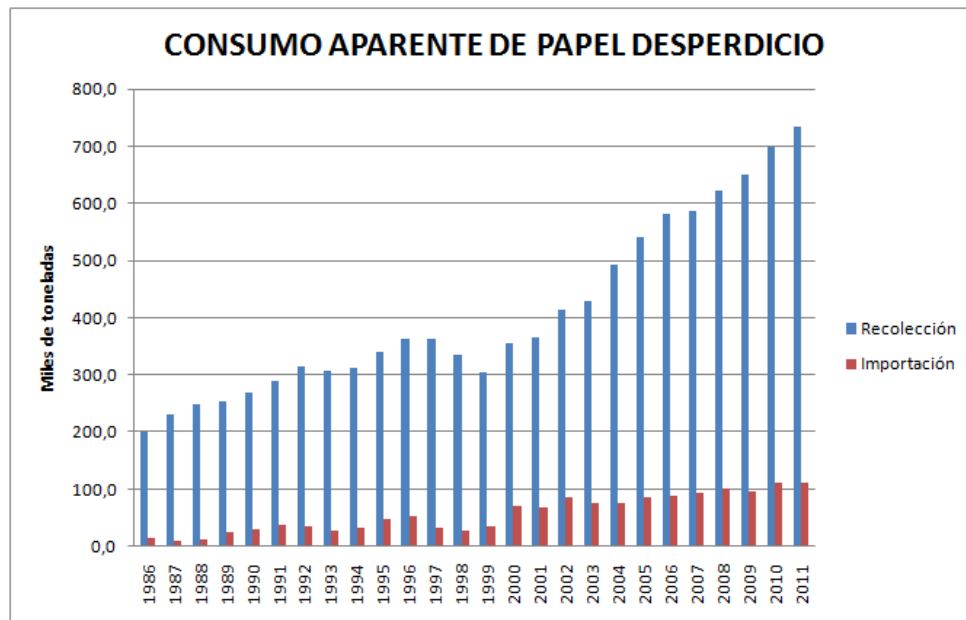


Figura 9 Consumo aparente de papel desperdicio (ANDI, 2012)

1.3.5 Lodo paplero y sus propiedades

En el proceso de producción de papel se generan diferentes tipos de residuos como lo son cenizas, polvos de calderas, arenas, algunos materiales generalmente inertes y en su gran mayoría los lodos obtenidos del tratamiento de los efluentes, compuesto en su mayoría de materiales inorgánicos y fibras del celulosa que quedaron separadas durante el proceso, este lodo a su vez está diferenciado en varios tipos dependiendo de la etapa donde es obtenido. (ASPAPEL, 2008)

Lodos de destintado, obtenidos durante el proceso de destintado de la pulpa que proviene de material reciclado, estos están compuestos principalmente de fibras cortas, partículas de tinta y aditivos usados en el proceso.

Desechos, separados mecánicamente, estos son denominados rechazos y están compuestos de materiales que acompañan al papel reciclado como lo son plásticos vidrios o grapas metálicas y arenas, pero estos van acompañados de pulpa que no ha sido considerada apta para el proceso, presentan alta humedad con valores que alcanzan a superar el 50% de humedad relativa (ASPAPEL, 2008), así mismo este tipo de rechazos

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

poseen un poder calorífico inferior (PCI) de entre 2000 y 5000 cal/g (Universidad Nacional de Colombia, 2009), aproximadamente el 60% de la energía contenida en este tipo de desechos son residuos de biomasa y cuyo valor de emisiones de CO₂ es considerado 0. (ASPAPPEL, 2008)

PARÁMETRO	Porcentaje de las fracciones simples [%] ⁽¹⁾
Contenido en agua	45 %
Plásticos	25,9 %
Fibra	27 %
Vidrio y piedras	0,11 %
Metales	0,88 %
Sustancias orgánicas	1,05 %
Cl - contenido de los plásticos ⁽²⁾	5,45 %
Cl - contenido relativo al combustible	1,43 %
Poder Calorífico Inferior (100% materia seca)	23.800 kJ/kg
Poder Calorífico Inferior (55% materia seca)	11.991 kJ/kg

Figura 10 Composición de materiales encontrados en los lodos papeleros. (ASPAPPEL, 2008)

El lodo como desecho es obtenido en diferentes etapas de producción, ver figura 11, este se lleva a tanques de almacenamiento, lugar donde espera para ser tratado con los demás efluentes de la planta.

Inicialmente los residuos son pasados por tamices para eliminar los solidos de mayor tamaño como plasticos que se encuentran principalmente en las fibras recicladas y posteriormente ser enviados a los tanques encargados de realizar la separacion de solidos de menor tamaño compuesto en su mayoría por fibras de celulosa que no fueron aptas para la produccion del papel.

Para realizar el proceso de limpieza inicial existen dos metodos, en el primero se deja que los solidos mas pesados se sedimenten en los tanques clarificadores, por lo contrario en el segundo metodo se agregan burbujas de aire que atrapan las particulas de lodo y las hacen flotar para que sean recogidas, despues de realizar este proceso el agua pasa a un segundo tanque de clarificacion donde micro organismos convierten los desechos en dióxido de carbono mientras consumen oxígeno, los solidos resultantes son evacuados del mismo modo que en la primera etapa, los lodos resultantes de estos dos procesos se mezclan para luego ser prensados para terminar de reducir su nivel de humedad (Scott & Smith, 1995).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

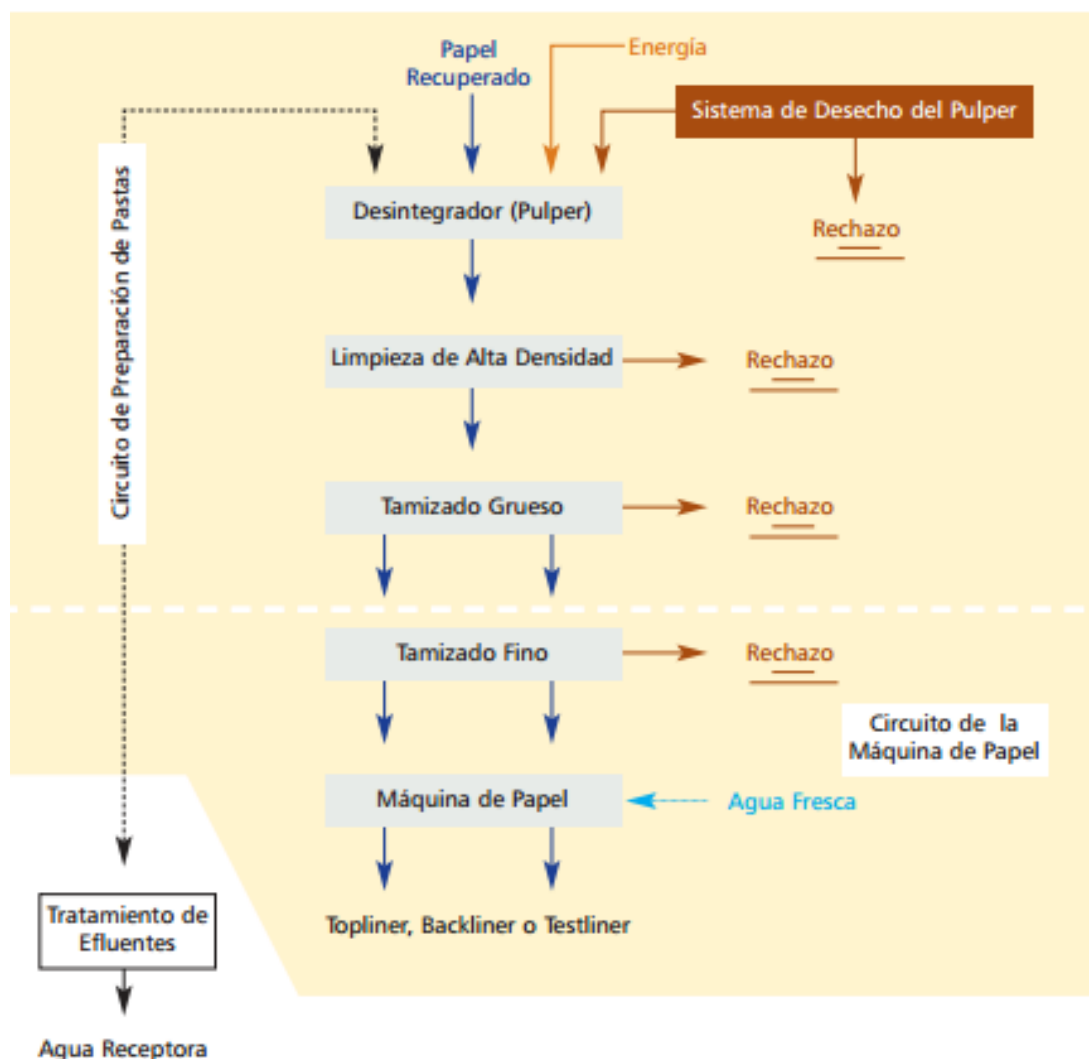


Figura 11 Proceso de fabricación de la pasta de papel, papel y cartón a partir de papel recuperado. (ASPAPEL, 2008)

1.3.6 El lodo papелero como fuente de energía

El uso de lodo como combustible se ha venido estudiando con la posibilidad de ser utilizado en calderas industriales con el fin de generar energía eléctrica o vapor, además de encontrar que las cenizas generadas después de realizada la combustión poseen altos niveles de calcio lo cual hace que sea posibles usarlas como aditivo para diferentes clases de cementos, siendo posible diseñar calderas que sean alimentadas por medio de estos residuos. (Energy products of idaho, 1999)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2. METODOLOGÍA

Con el fin de generar el diseño de concepto la actividad se divide en diferentes etapas, iniciando con la clarificación de la tarea que consiste en delimitar los alcances que se le darán al diseño, posteriormente se realiza una identificación de necesidades, para esto se realiza entrevistas con los posibles clientes o se realiza investigación de mercado comparando con maquinaria que realice labores similares a las del producto que se esta desarrollando.

En una segunda etapa se divide el problema principal con el fin de definir funciones que puedan ser resueltas de formas diferentes, con base a estas funciones se realiza el diagrama de funciones, posteriormente se selecciona la mejor solución y se califican con el fin de seleccionar la mejor propuesta.

Como tercera etapa, después de seleccionar el concepto se comienza con la elaboración de bocetos, de los diferentes componentes con el fin de evaluar su funcionamiento tanto de manera individual como conjunta con las demás funciones seleccionadas, adicionalmente se comienza con la realización de cálculos de algunos de los elementos mecánicos.

Finalmente en la cuarta etapa del diseño se realiza el diseño tridimensional y se comienza a realizar las simulaciones FEA de los elementos más críticos involucrados en el proceso.

Este proceso de diseño es descrito por Karl Ulrich en el libro Diseño y desarrollo de productos. (Ulrich, 2004)

2.1 ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

Define como será la interacción de los componentes físicos con los elementos funcionales de un producto. Los elementos funcionales son descritos como como sub grupos que representan una característica propia y son descritos antes de ser separados en componentes más reducidos. Los elementos físicos son cada una de las piezas que forman parte de un producto y son las encargadas de activar las diferentes funciones en el funcionamiento del mismo.

Es posible determinar dos tipos diferentes de arquitecturas, la arquitectura integral en la cual varias funciones son asignadas a un mismo componente, las interacciones entre los componentes no están bien definidas y un elemento funcional se acciona con más de un componentes. La arquitectura modular por el contrario presenta funciones entre los componentes bien definidas, las cuales concuerdan con las funciones primarias del mismo.

Las arquitecturas modulares se clasifican en tres grandes grupos (figura 15):

- Arquitectura de ranura-modular: Cada una de las interfaces satisface un única solución.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- Arquitectura bus-modular: Existe un bus común al cual se le pueden agregar diferentes componentes.
- Arquitectura seccional-modular: Todas las unidades pueden interactuar entre ellas y no requieren de ninguna interfaz para comunicarse.

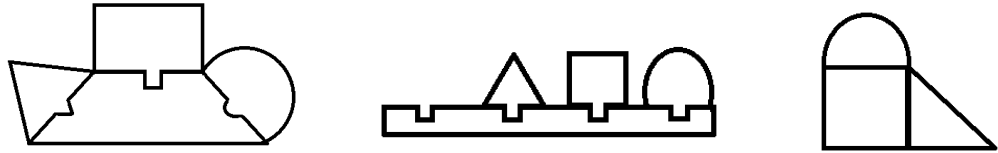


Figura 12 Diferentes distribuciones de piezas y componentes en un concepto de diseño. A la izquierda, arquitectura de ranura-modular, en el centro arquitectura bus modular, a la derecha, arquitectura seccional - modular (Ulrich, 2004)

Para el caso de este diseño se toma como base un diseño con arquitectura tipo ranura modular, con el fin de evitar que los diferentes módulos sean usados de maneras inadecuadas pero al mismo tiempo permitiendo al usuario seleccionar el método que desea usar.

2.2 DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR (CAD)

Consiste en el uso de herramientas computacionales para crear representaciones de objetos físicos ya sea en 2D (Planos) o 3D (Sólidos), permite determinar formas y tamaños para gran variedad de productos. Se utiliza en los procesos de ingeniería en diferentes etapas, desde el diseño conceptual hasta el análisis dinámico de productos mediante ensambles y definición de métodos de manufactura.

Entre los principales beneficios de implementar software CAD en el proceso de diseño de un producto se encuentran (SIEMENS, 2013):

- Mejora la visualización del producto y cada uno de sus sistemas y componentes, agilizando el proceso de diseño.
- Ofrece una amplia documentación de diseño, incluyendo geometría, materiales, dimensiones, etc.
- Permite reutilizar diseños anteriores mejorando las características de los mismos.

El software NX de SIEMENS ofrece integradas aplicaciones de tipo CAD/CAM/CAE lo que genera facilidad para el usuario en el momento en que se deba pasar de la etapa de diseño a la de fabricación, simulación de movimiento, análisis de elementos finitos entre otros. Al poder utilizar el mismo formato de archivo en todas las etapas del diseño se evitan problemas de pérdida de información por compatibilidad de los archivos garantizando un mejor calidad de la información entregada. (SIEMENS, 2013)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

2.3 ANALISIS DE ELEMENTOS (FEA)

El análisis por elementos finitos se basa en la integración de herramientas CAD con modelos programados en herramientas computacionales para generar representaciones gráficas de la respuesta de diferentes cuerpos a fenómenos físicos y mecánicos.

Las herramientas FEA fraccionan la geometría de interés en elementos más pequeños (volúmenes de control) sobre las cuales operan las ecuaciones de los modelos de interés, formando interacciones con los elementos vecinos. Los resultados se muestran de manera gráfica a través de escalas de colores que permiten visualizar las variaciones de la respuesta del material que compone el sólido analizado.

La unión de las herramientas FEA en un contexto más general de CAE (Ingeniería asistida por computador) permite además la evaluación de estos fenómenos con aspectos tan variados que van desde el movimiento de piezas hasta la optimización de formas y la selección de materiales. (SIEMENS, 2013)

3. DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 CARACTERIZACIÓN DEL LODO PAPELERO

La técnica de espectroscopia infrarroja permite estudiar la vibración de las moléculas en la región infrarroja del espectro electromagnético y consiste en emitir ondas infrarrojas a un material generando que las moléculas comiencen a vibrar y liberen energía. Cuando la frecuencia de excitación de un enlace coincide con alguna de las frecuencias incluidas en las ondas componentes del rayo, se produce absorción. Registrando la variación en la absorción de energía en cada longitud de onda se es posible conocer cuáles son los componentes en un muestra determinada. (Johnson, 2005)

Con ayuda de pruebas infrarrojo con Transformada de Fourier (FTIR - Figura 12) realizadas en diferentes muestras de lodo paplero se identificaron porciones tanto de celulosa como de hemicelulosa, además de múltiples sustancias como sílice y calcio.

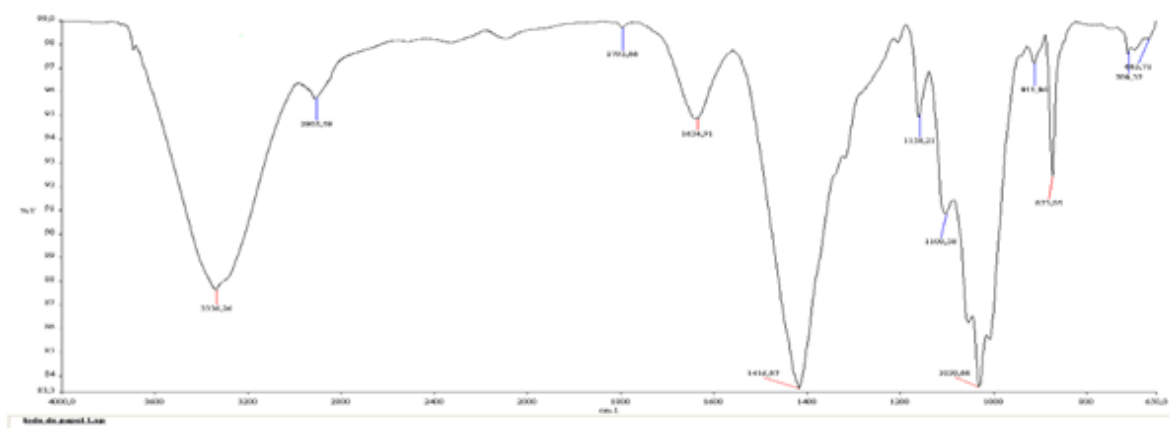


Figura 13 Espectro de Infrarrojo con Transformada de Fourier para el lodo de papel

En el análisis de microscopia electrónica (SEM) realizada al lodo paplero, se aprecian espacios porosos propios de estos materiales, en las figuras 13 y 14 se observa la uniformidad de la muestra en cuanto a tamaño y forma, propio de este tipo de materiales.

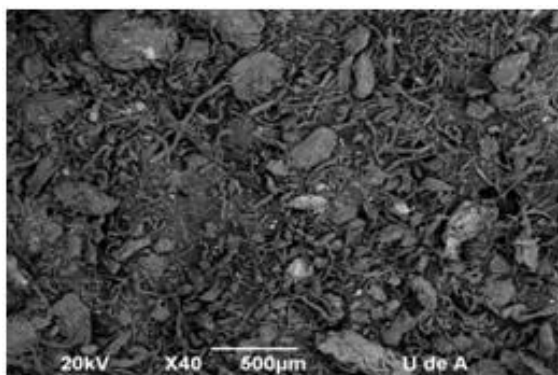


Figura 14 Microscopía electrónica de barrido del lodo de papel. Vista superficial del lodo a 600 µm

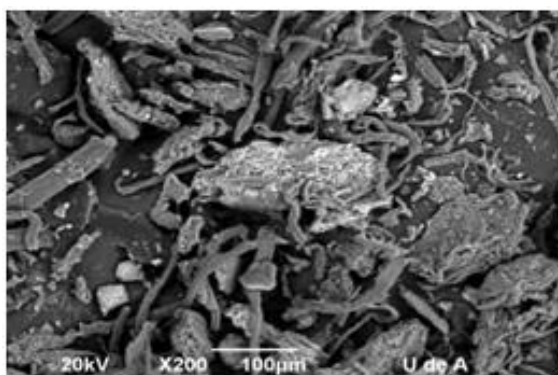


Figura 15 Microscopía electrónica de barrido del lodo de papel. Acercamiento de la estructura superficial del lodo a 100 µm.

La masa que será posible almacenar y procesar por el dispositivo dependerá del valor de su densidad, mediante análisis BET es posible establecer que la densidad del lodo es de $1.6902 \pm 0.0024 \text{ g/cm}^3$, adicionalmente en análisis realizados a las cenizas producidas, se encontró que están constituidas en mayor medida por CaO (Oxido de Calcio), este compuesto es usado en diferentes áreas de la industria como lo son la metalurgia, química, alimentaria, construcción entre otros.

3.2 DISEÑO DE CONCEPTO

3.3 BENCHMARKING

Con el fin de conocer los productos que actualmente se ofrecen en el mercado para la producción de briquetas se realizó una investigación de sistemas que produzcan productos similares, con el fin de aprovechar las características deseables en el diseño que se va a realizar. Se citan a continuación algunas de las referencias comerciales de mayor impacto por su calidad, funcionalidad y capacidad de producción.

3.3.1 LIPPEL LB32



Figura 16 - Laboratorio de Briquetas LB32 - LIPPEL (LIPPEL, 2012)

Esta máquina permite compactar productos orgánicos como aserrín de madera, cascara de algodón, arroz, bagazo de caña, entre otros. Como fuente motriz usa un motor eléctrico de 220 V y 3 HP acoplado a un motor hidráulico que mueve un pistón para compactar el material. Se aplica calor generado por una resistencia eléctrica que permite calentar el material durante la compactación. La máquina fue diseñada para pruebas laboratorio,

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

siendo notable su fácil operación. No obstante sólo permite un tipo de material por prueba y no lleva control del peso del material que se encuentra compactando. La hoja de datos se puede consultar en el Anexo 1

3.3.2 KOMAREK B050



Figura 17 KOMAREK B050 (KOMAREK, 2009)

Este dispositivo es el más pequeño fabricado por Komarek, siendo destinado también para pruebas de laboratorio. La compactación se hace mediante dos rodillos paralelos que reducen el material de manera similar a una línea de rolado, siendo posible intercambiar los mismos para producir diferentes geometrías. Posee un sistema de mezclado y roscas de dosificación que permiten controlar el material que se está entregando. Como principales desventajas se observa que no es posible conocer la relación de los diferentes materiales agregados a la mezcla y no se encuentra la opción de calentar el material durante el proceso. La hoja de datos está disponible en el ver anexo 2

3.3.3 METAL CHIP BRIQUETTERS – NEDERMAN



Figura 18 Metal chip briquetters - NEDERMAN (NEDERMAN, 2010)

Esta máquina está destinada al compactado de virutas metálicas que resultan como desperdicio de proceso de maquinado, utiliza pistones hidráulicos para desplazar y compactar el material. Como ventaja principal se encuentra que es completamente automática lo que disminuye la variación en las muestras por errores humanos.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.4 TABLA NECESIDADES

A continuación se enuncian las necesidades que un usuario potencial desearía encontrar en una maquinaria que conformara productos que serán sometidos a diferentes pruebas de laboratorio, generadas a partir del análisis de ventajas y desventajas de productos similares existentes en el mercado actualmente.

Tabla 4 Necesidades

#	NECESIDAD
1	La briqueta debe ser pequeña para su fácil transporte pero no tanto como para limitar su poder combustible
2	La cantidad de briquetas producidas es de 10 unidades por hora
3	El lodo debe tener una humedad reducida
4	Las briquetas generadas tienen el mismo peso
5	La máquina produce diferentes formas de briquetas
6	El compactador usará energía eléctrica
7	El compactador mezcla lodo con otros materiales que mejoran la combustión en porcentajes variables
8	La máquina es resistente a la corrosión y al desgaste
9	La máquina no genera altos niveles de ruido
10	El compactador permite drenar los restos de humedad presentes en el lodo
11	El compactador genera briquetas de manera automática
12	El compactador ocupa poco espacio
13	El compactador aplica la misma cantidad de presión durante todo el proceso de conformado
14	El compactador permite calentar el material compactado
15	El compactador permite mantener la temperatura constante durante el proceso
16	El lodo debe venir triturado previamente
17	El compactador debe contar con una interfaz gráfica agradable

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.5 TABLA DE ESPECIFICACIONES

Basados en la tabla anterior que representa las características deseables por un cliente potencial, en la siguiente tabla se le da una representación en un lenguaje más técnico a las necesidades que el cliente solicita.

Tabla 5 Especificaciones

#	ESPECIFICACIÓN
1	Las briquetas producidas tendrán un tamaño menor a 30 cm , 10 cm y 10 cm
2	La máquina produce 10 briquetas por hora
3	EL lodo tiene 12% de humedad
4	La briqueta tiene un peso de entre 1 y 1,4 Kg
5	La máquina permite intercambiar los dados de formación de piezas
6	El equipo opera con 110 y/o 220V
7	La máquina permite dosificar mezclas variables de lodo y carbón
8	Subjetiva
9	La máquina genera un ruido operacional entre 65 y 50 Db
10	Subjetivo
11	Subjetivo
12	Subjetivo
13	Presión de compactación variable de entre 0 Mpa y 10Mpa
14	El material compactado se puede calentar entre 150 y 250 °C
15	Subjetivo
16	El lodo no llega con granos más grandes de 2.5 mm
17	Subjetivo

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.6 TABLA DE NECESIDADES VS MEDIDAS

En la siguiente tabla se muestra la relación tienen las dos tablas anteriores, en esta se da una primera idea de cómo se va a abordar el problema de diseño.

Tabla 6 Necesidades VS Medidas.

MATRIZ NECESIDADES/MEDIDAS		
1	La briqueta debe ser pequeña para su fácil transporte pero no tanto como para limitar su poder combustible	
2	La cantidad de briquetas producidas es de 10 unidades por hora	
3	El lodo debe tener una humedad reducida	
4	Las briquetas generadas tienen el mismo peso	
5	La máquina produce diferentes formas de briquetas	
6	El compactador usará energía eléctrica	
7	El compactador mezcla lodo con otros materiales que mejoran la combustión en porcentajes variables	
8	La máquina es resistente a la corrosión y al desgaste	
9	La máquina no genera altos niveles de ruido	
10	El compactador permite drenar los restos de humedad presentes en el lodo	
11	El compactador genera briquetas de manera automática	
12	El compactador ocupa poco espacio	
13	El compactador aplica la misma cantidad de presión durante todo el proceso de conformado	
14	El compactador permite calentar el material compactado	
15	El compactador permite mantener la temperatura constante durante el proceso	
		Dimensiones briquetas acorde a las necesidades de combustión
		Número de briquetas por hora
		El lodo llega con humedad reducida
		Briqueta con peso definido
		Sistemas mecánicos para diferente conformación
		Sistema compatible con suministro eléctrico
		Sistemas de dosificación para dos materiales
		Selección adecuada de materiales
		Sistemas electromecánicos de mitigación de ruido
		Sistema colector de líquidos
		Producción de briquetas sin intervención de operarios
		Diseño compacto de sistemas mecánicos
		Control del proceso de compactación
		Sistema de calentamiento del material compactado
		Control de temperatura del proceso de compactación
		El lodo llega triturado
		Interfaz gráfica de fácil acceso para usuarios

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.7 DIAGRAMA DE FLUJO

En el siguiente diagrama se puede observar cómo será el movimiento del material y las decisiones que debe tomar el controlador durante el proceso.

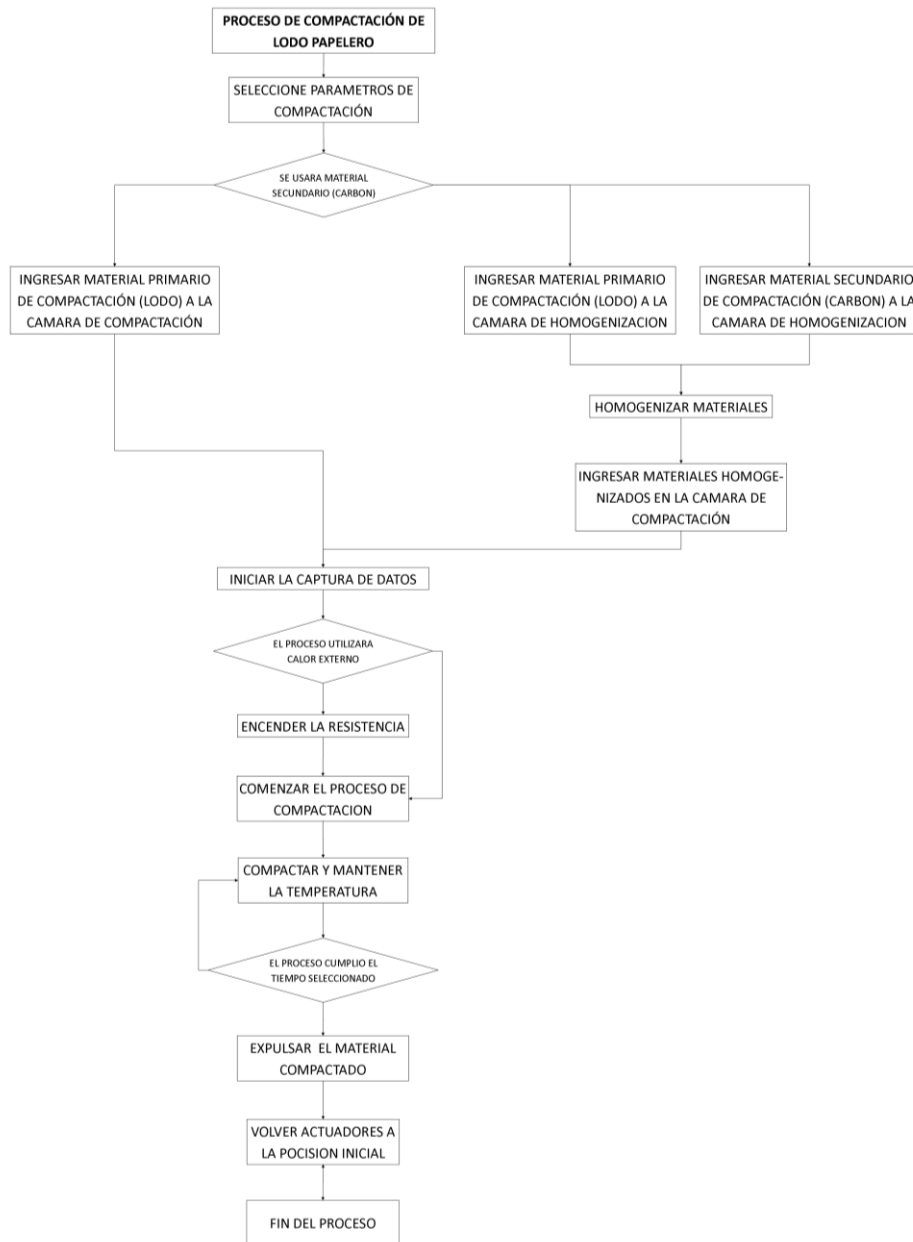


Figura 19 Diagrama de flujo

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.8 TABLA DE FUNCIONES

#	FUNCIÓN
1	Almacenar Material 1
2	Almacenar Material 2
3	Dosificar Material 1
4	Dosificar Material 2
5	Pesar
6	Mezclar
7	Compactar
8	Calentar
9	Expulsar
10	Pesar
11	Transformar AC/DC (Potencia)
12	Transformar AC/DC (Electrónica)
13	Elemento de control (Mezclar)
14	Elemento de control (Compactar)
15	Elemento de control (Expulsar)
16	Elemento de control (Calentar)
17	Transformar energía eléctrica a mecánica (Mezclar)
18	Transformar energía eléctrica a mecánica (Compactar)
19	Transformar energía eléctrica a mecánica (Expulsar)
20	Transformar energía eléctrica a térmica
21	Transmitir potencia (mezclar)
22	Transmitir potencia (compactar)
23	Transmitir potencia (expulsar)
24	Encender
25	Ingresar variables
26	Almacenar información
27	Procesar información
28	Comunicar
29	Visualizar Información
30	Generar reporte de eventos
31	Medir(Peso)
32	Medir (RPM)
33	Medir (Presión)
34	Medir (Desplazamiento)
35	Medir (Temperatura)
36	Medir (Desplazamiento)
37	Medir (Peso Final)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.9 DIAGRAMA DE CAJA NEGRA

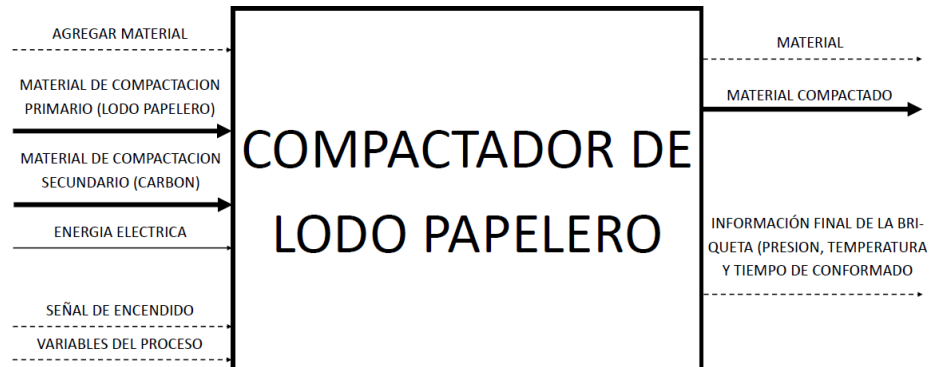


Figura 20 Diagrama de caja negra

3.10 DIAGRAMA DE FUNCIONES

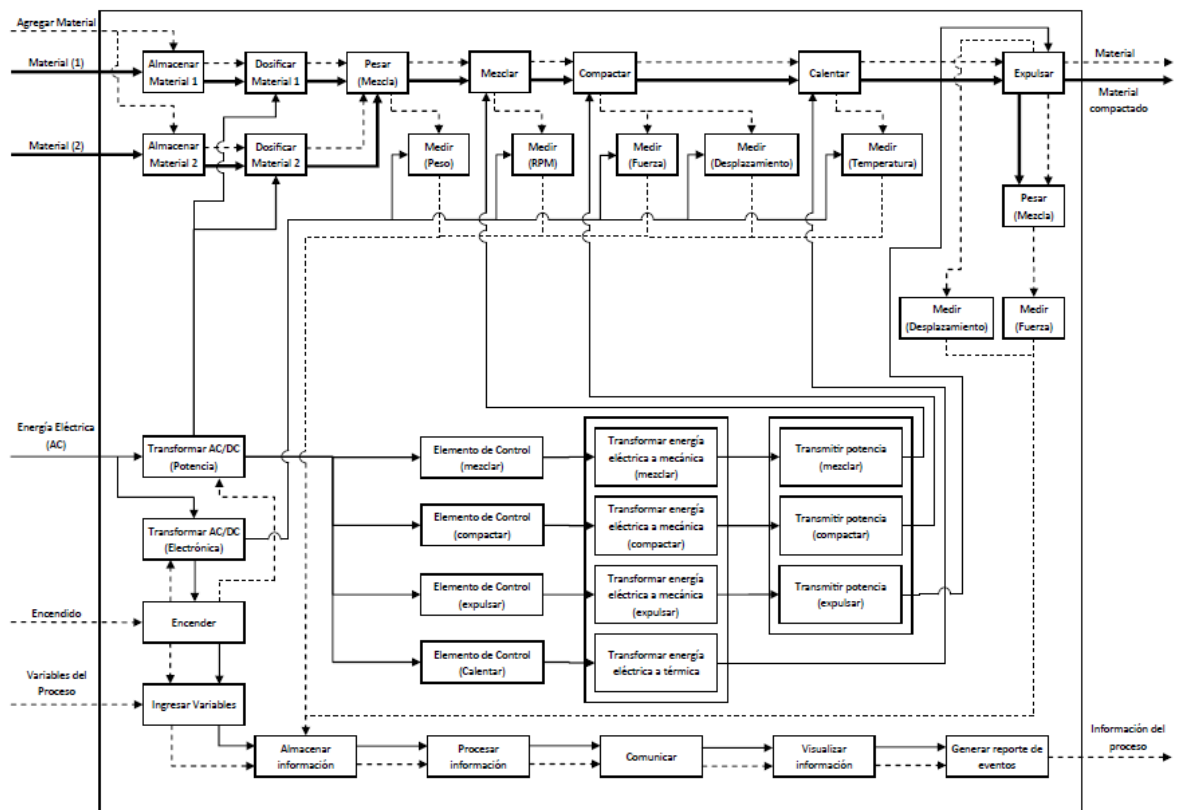


Figura 21 Diagrama de funciones

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.11 SOLUCIÓN DE FUNCIONES

En esta etapa del diseño se separó el diseño en tres etapas diferentes las cuales son: almacenar y procesar material, conversión de energía, y manejo de señales, a cada una de estas funciones se le definieron diferentes posibles soluciones.

3.11.1 Almacenar y procesar material

Almacenar Material

Func.	Nombre	Posible solución y definición
-------	--------	-------------------------------

Tabla 7 Función almacenar material # 1

1	Almacenar Material 1	Sol 1	Silo de Cara Circular	Almacenador para diferente tipo de materiales utilizados en diferentes áreas, el silo de cara circular es utilizado gracias a sus bajos costos de producción. (N. Engblom, 2012)
		Sol 2	Silo de Cara Rectangular	Almacenador para diferente tipo de materiales utilizados en diferentes áreas, el silo de cara cuadrada es usado debido a que es posible almacenar mayores volúmenes. (N. Engblom, 2012)
		Sol 3	N/A	

Tabla 8 Función almacenar material # 2

2	Almacenar Material 2	Sol 1	Silo de Cara Circular	Almacenador para diferente tipo de materiales utilizados en diferentes áreas, el silo de cara circular es utilizado gracias a sus bajos costos de producción. (N. Engblom, 2012)
		Sol 2	Silo de Cara Rectangular	Almacenador para diferente tipo de materiales utilizados en diferentes áreas, el silo de cara cuadrada es usado debido a que es posible almacenar mayores volúmenes. (N. Engblom, 2012)
		Sol 3	N/A	

Tabla 9 Función dosificar material #1

3	Dosificar Material 1	Sol 1	Compuerta rotativa	Consta de un cilindro con espacios que liberan pequeñas dosis de material al generarse un movimiento rotativo por accionamiento de un motor en el centro del mismo. (Garcia Torres, 2012)
		Sol 2	Tornillo sin-fin	Consiste en un tornillo rotatorio que arrastra el material, la cantidad de material que entrega es calculada de acuerdo al número de revoluciones. (Garcia Torres, 2012)
		Sol 3	Banda rodante	Consta de una banda que arrastra el material a través de una abertura presente entre la tolva y la banda. (Garcia Torres, 2012)

Tabla 10 Función dosificar material #2

4	Dosificar Material 2	Sol 1	Compuerta rotativa	Consta de un cilindro con espacios que liberan pequeñas dosis de material al generarse un movimiento rotativo por accionamiento de un motor en el centro del mismo (Garcia Torres, 2012)
		Sol 2	Tornillo sin-fin	Consiste en un tornillo rotatorio que arrastra el material, la cantidad de material que entrega es calculada de acuerdo al número de revoluciones. (Garcia Torres, 2012)
		Sol 3	Banda rodante	Consta de una banda que arrastra el material a través de una abertura presente entre la tolva y la banda. (Garcia Torres, 2012)

Tabla 11 Función pesar

5	Pesar	Sol 1	Tiempo de apertura	Mediante pruebas se calcula la cantidad de material que se descarga por unidad de tiempo.
		Sol 2	Rotación de dosificadores	Calcula la cantidad de material dosificado de acuerdo a las revoluciones generadas por los sistemas dosificadores
		Sol 3	Tolva de pesaje	Consiste en una tolva auxiliar pivotada donde se medirá la cantidad de material que cae mediante celdas de carga.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 12 Función mezclar

6	Mezclar	Sol 1	De cintas helicoidales	Posee una estructura central en forma de U, dentro de esta se encuentra dos cintas helicoidales de diferentes diámetros generando rotación en el material debido a la diferencia de velocidades entre estas (Quminet, 2013)
		Sol 2	Tambor Rotatorio	Consiste en un tambor cónico con aspas sujetadas en sus paredes, el cual por medio de movimiento rotatorio genera el proceso de mezclado del material, este tipo de procesos es comúnmente utilizado en cementaras ya que es posible hacer circular aire caliente atreves de él generando un proceso de secado
		Sol 3	Cónico	Consiste en una barra que gira al redor de un contenedor troncocónico, dicho sistema está totalmente sellado y el ingreso del material se realiza de manera lateral para evitar que interfiera con el movimiento de las barras (Lleal S.A, 2013)

Procesar Material

Tabla 13 Función compactar

7	Compactar	Sol 1	Dado de extrusión	Es el nombre con el cual se denomina a la abertura final por la cual sale el material en el proceso de extrusión, esta puede ser redonda o tener otras formas. Esta zona es la encargada de soportar la presión generada en el proceso (Kalpakjan, 2002)
		Sol 2	Cámara de compactación	Consiste en una recamara de forma cubica rectangular en la cual una de sus caras se desplaza, generando la presión necesaria para el proceso de compactación
		Sol 3		

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 14 Función calentar

8	Calentar	Sol 1	Conducción	Este fenómeno consistente en la propagación de calor entre dos cuerpos o partes de un mismo cuerpo que se encuentran a diferente temperatura, y esta se propaga a través de estos debido a la agitación térmica de las moléculas, no existiendo un desplazamiento real de estas. (Grupo Cecatherm, 2010)
		Sol 2	Presión	La temperatura se ve directamente afectada por los cambios en la presión. Tal como se observa en la formula $PV=nRT$ de esta manera si se aplican presiones superiores a 100MPa es posible aumentar la temperatura a los rangos necesarios para realizar el proceso de baquelizado en la briqueta
		Sol 3	N/A	

Tabla 15 Función expulsar

9	Expulsar	Sol 1	Desplazamiento extra del pistón de compactación	Se abrirá una compuerta con ayuda de un sistema solenoide para posteriormente finalizar el recorrido del pistón que se encargó de la compactación.
		Sol 2	Pistón de expulsión	Consiste en un pistón adicional que expulsara al material compactado fuera de la zona de compactación haciéndolo pasar através de una compuerta abierta previamente
		Sol 3	N/A	

Tabla 16 Función pesar

10	Pesar	Sol 1	Sistema de Balanza con encoder	Consiste en un sistema de palanca con un contra peso de un lado y un recipiente donde caerá la muestra en el otro, por medio de un econdor se mide la variación en el ángulo en el sistema de palanca
		Sol 2	Tolva de pesaje	Consiste en un recipiente donde se medirá el peso del material mediante celdas de carga ubicadas en la superficie.
		Sol 3	N/A	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.11.2 Conversión de energía

Conversión de energía

Func.	Nombre	Possible solución y definición
-------	--------	--------------------------------

Tabla 17 Función transformar AC/DC (potencia)

11	Transformar AC/DC (Potencia)	Sol 1	Fuente de alimentación lineal	Consiste en tomar la señal de corriente alterna y transformarla en una señal continua, para lograr esto se rectifica la señal por medio de diodos y finalmente se filtra con ayuda de condensadores que almacenan el voltaje y mantiene un señal lineal. Es capaz de manejar potencias menores a 10W (Electrocomponentes S.A., 2011)
		Sol 2	Fuente de alimentación conmutada	Funciona con un sistema PWM que toma una señal y durante periodos de tiempo apaga y enciende un transistor que genera una onda de forma cuadrada, al realizar este proceso de manera repetitiva en lapsos de tiempo corto la forma de donde de la señal de salida se puede considerar constante a un valor X. (Electrocomponentes S.A., 2011)
		Sol 3	N/A	

Tabla 18 Función transformar AC/DC (electronica)

12	Transformar AC/DC (Electrónica)	Sol 1	Fuente de alimentación	Consiste en tomar la señal de corriente alterna y transformarla en una señal continua, para lograr esto se rectifica la señal por medio de diodos y finalmente se filtra con ayuda de condensadores que almacenan el voltaje y mantiene un señal lineal. Es capaz de manejar potencias menores a 10W (Electrocomponentes S.A., 2011)
		Sol 2	Fuente de alimentación conmutada	Funciona con un sistema PWM que toma una señal y durante periodos de tiempo apaga y enciende un transistor que genera una onda de forma cuadrada, al realizar este proceso de manera repetitiva en lapsos de tiempo corto la forma de donde de la señal de salida se puede considerar constante a un valor X. (Electrocomponentes S.A., 2011)
		Sol 3	N/A	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 19 Función elemento de control (mezclar)

13	Elemento de control (Mezclar)	Sol 1	Puente H + PWM	Circuito electrónico que permite variar el sentido de giro de un motor eléctrico, es posible encontrarlos en forma de circuitos integrados pero también es posible construirlos a partir de dispositivos discretos, es posible variar la velocidad del motor al hacer que la señal de entrada sea una señal modulada. (Boylestad, 2004)
		Sol 2	Variador de Velocidad	Dispositivo electrónico que permite variar la velocidad y el torque de un motor asíncrono trifásico, convirtiendo las magnitudes fijas de frecuencia y tensión en magnitudes variables por medio de un conjunto de condensadores y transistores que convierten la onda senoidal en un conjunto de ondas cuadradas. (Schneider Electric, 2008)
		Sol 3	N/A	

Tabla 20 Función elemento de control (compactar)

14	Elemento de control (Compactar)	Sol 1	Válvula de control diferencial	Varia el caudal de un fluido variando el área por el cual pasa este, moviendo continuamente el vástago con ayuda de un servomotor (Creus Solé, 1997)
		Sol 2	Puente H + PWM	Circuito electrónico que permite variar el sentido de giro de un motor eléctrico, es posible encontrarlos en forma de circuitos integrados pero también es posible construirlos a partir de dispositivos discretos, es posible variar la velocidad del motor al hacer que la señal de entrada sea una señal modulada. (Boylestad, 2004)
		Sol 3	N/A	

Tabla 21 Función elemento de control (expulsar)

15	Elemento de control (Expulsar)	Sol 1	Final de carrera capacitivo	Generan un campo electrostático, cuenta con un oscilador el cual cuando se aproxima un objeto este aumenta la capacitancia en un condensador, al aumentar la capacitancia hasta un umbral este activa un circuito que envía la señal de encendido o apagado. (Salazar Guerrero, 2009)
		Sol 2	Mircosuiche	Son elementos que funcionan similarmente a un pulsador y determinan una posición dentro de un proceso automático.
		Sol 3	Sistema de pesado	El sistema encargado de realizar el pesado final del producto compactado enviara una señal al controlador indicando que el material fue expulsado.

Tabla 22 Función elemento de control (calentar)

16	Elemento de control (Calentar)	Sol 1	Relé de estado solido	Dispositivo que permite aislar el circuito de mando del circuito de potencia, para esto utiliza un transistor óptico u optocoplador en la entrada y un MOSFET o tristor a la salida. (OMRON ELECTRONICS, S.A., 2003)
		Sol 2	Relé electromagnético	Dispositivo que permite aislar el circuito de mando del circuito de potencia, consiste en una bobina que al energizarse mueve un interruptor que completa el circuito de potencia. (OMRON ELECTRONICS, S.A., 2003)
		Sol 3		

Tabla 23 Función transformar energía eléctrica a mecánica (mezclar)

17	Transformar energía eléctrica a mecánica (Mezclar)	Sol 1	Motor Eléctrico trifásico	Se conforma por un conjunto de tres bobinas, las cuales son alimentadas por un sistema trifásico de corrientes, lo que da origen a un campo magnético giratorio de módulo constante. Es apto para aquellos requerimientos en los cuales no se deba mantener una velocidad constante, ya que este tipo de motores, disminuye ligeramente su velocidad con el aumento de la carga en su eje. (Alvarez, 2009)
		Sol 2	Motor Eléctrico Monofásico	Trabaja con suministro monofásico por lo que solo cuenta con una fase en el devanado del estator, debido a esto el campo magnético de inducción no rota pero permanece siempre en la misma dirección. Debido a lo anterior, estos motores no tienen par de arranque y se deben emplear diversos métodos para iniciar el giro del rotor. (Artezan, 2003)
		Sol 3	N/A	N/A

Tabla 24 Función transformar energía eléctrica a mecánica (compactar)

18	Transformar energía eléctrica a mecánica (Compactar)	Sol 1	Motor Eléctrico trifásico	Se conforma por un conjunto de tres bobinas, las cuales son alimentadas por un sistema trifásico de corrientes, lo que da origen a un campo magnético giratorio de módulo constante. Es apto para aquellos requerimientos en los cuales no se deba mantener una velocidad constante, ya que este tipo de motores, disminuye ligeramente su velocidad con el aumento de la carga en su eje. (Alvarez, 2009)
		Sol 2	Sistema de compresión hidráulico	Sistema hidráulico que proporciona la energía necesaria para realizar labores de compresión de material en base al principio de fluido a presión que fuerza esta acción mecánica. (Tucker, 2013)
		Sol 3	Sistema de compresión neumático	Es una maquina capaz de convertir la energía eléctrica en mecánica por medio de un motor, este a su vez convierte esta en energía hidráulica transmitida por medio del fluido incompresible que esta se encarga de mover (Tucker, 2013)

Tabla 25 Función transformar energía eléctrica a mecánica (expulsar)

19	Transformar energía eléctrica a mecánica (Expulsar)	Sol 1	Motor Eléctrico trifásico	Se conforma por un conjunto de tres bobinas, las cuales son alimentadas por un sistema trifásico de corrientes, lo que da origen a un campo magnético giratorio de módulo constante. Es apto para aquellos requerimientos en los cuales no se deba mantener una velocidad constante, ya que este tipo de motores, disminuye ligeramente su velocidad con el aumento de la carga en su eje. (Alvarez, 2009)
		Sol 2	Sistema de compresión hidráulico	Sistema hidráulico que proporciona la energía necesaria para realizar labores de compresión de material en base al principio de fluido a presión que fuerza esta acción mecánica. (Tucker, 2013)
		Sol 3	Sistema de compresión neumático	Es una maquina capaz de convertir la energía eléctrica en mecánica por medio de un motor, este a su vez convierte esta en energía hidráulica transmitida por medio del fluido incompresible que esta se encarga de mover. (Tucker, 2013)

Tabla 26 Función transformar energía eléctrica a térmica

20	Transformar energía eléctrica a térmica	Sol 1	Resistencia Eléctrica	Elementos que ante el paso de corriente eléctrica generan una oposición al paso de la misma convirtiéndola en calor.
		Sol 2	N/A	
		Sol 3	N/A	

Tabla 27 Función transmitir potencia (mezclar)

21	Transmitir potencia (mezclar)	Sol 1	Engranaje planetario	Son aquellos donde un engranaje gire alrededor de su propio eje y que éste a su vez rote en torno a otro eje.
		Sol 2	Tren de engranes	Los trenes de engranes son mecanismos formados al acoplar dos o más engranes entre sí para transmitir el movimiento o la potencia.
		Sol 3	Sin-fin Corona	Este mecanismo permite transmitir la potencia sobre ejes perpendiculares, son destacados por sus altas relaciones de transmisión en comparación a la de otros sistemas, poseen bajos costos de fabricación e instalación y la característica de ser auto bloqueantes, esto quiere decir que no es posible mover el eje de entrada por medio del eje de salida

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 28 Función transmitir potencia (compactar)

22	Transmitir potencia (compactar)	Sol 1	Pistón Neumático	Cilindro que transforma la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o fuerza prensora, consiste en un recipiente cilíndrico provisto de un embolo, la fuerza que genera este se calcula como $F = P \cdot A$. (MICRO, 2011)
		Sol 2	Pistón Hidráulico	Cilindro que transforma la energía potencial de un líquido comúnmente algún tipo de aceite en energía cinética o fuerza prensora, consiste en un recipiente cilíndrico provisto de un embolo, este dispositivo es capaz de proporcionar valores de fuerzas mayores a los neumáticos, la fuerza que genera este se calcula como $F = P \cdot A$. (MICRO, 2011)
		Sol 3	Tornillo Sin-Fin	Consiste en un cilindro largo rodeado por un filete helicoidal, este se encarga de transportar, calentar y homogenizar el material, este se va presurizando a medida que avanza a lo largo del tornillo cuyo paso va disminuyendo a medida que se acerca al final. Los parámetros más importantes a tener en cuenta en el diseño de este tipo de tornillos son: Longitud, Diámetro, ángulo del filete, y paso de la rosca.

Tabla 29 Función transmitir potencia (expulsar)

23	Transmitir potencia (expulsar)	Sol 1	Pistón Neumático	Cilindro que transforma la energía potencial del aire comprimido en energía cinética o fuerza prensora, consiste en un recipiente cilíndrico provisto de un embolo, la fuerza que genera este se calcula como $F = P \cdot A$. (MICRO, 2011)
		Sol 2	Pistón Hidráulico	Cilindro que transforma la energía potencial de un líquido comúnmente algún tipo de aceite en energía cinética o fuerza prensora, consiste en un recipiente cilíndrico provisto de un embolo, este dispositivo es capaz de proporcionar valores de fuerzas mayores a los neumáticos, la fuerza que genera este se calcula como $F = P \cdot A$. (MICRO, 2011)
		Sol 3	N/A	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.11.3 Manejo de señales.

Manejo de Señales

Func.	Nombre	Possible solución y definición
-------	--------	--------------------------------

Tabla 30 Función encender

24	Encender	Sol 1	Interruptor	Dispositivo usado para encender, apagar o dirigir corriente eléctrica, están formados por dos superficies conductoras fijas y un contacto móvil que entra en contacto por medio de un accionamiento mecánico para formar el contacto eléctrico. Cuando las superficies conductoras se encuentra unidas se dice que el interruptor se encuentra en estado ON, en el caso contrario se conoce como OFF.
		Sol 2	N/A	
		Sol 3	N/A	

Tabla 31 Función ingresar variables

25	Ingresar variables	Sol 1	Teclado Matricial	Consiste en un conjunto de pulsadores dispuestos en forma de una matriz de 4X4, al oprimir cada uno de estos pulsadores se genera un código binario de 4 bits que varía entre 0000 y 1111, este código representa el número que se presionó. (Canto Quintal, 2006)
		Sol 2	PC (Interfaz de usuario)	Simula el panel de un instrumento físico, puede contener botones, interruptores, pulsadores, gráficas o indicadores, los datos se introducen usando el teclado y el mouse y se visualizan en la pantalla de un PC. (Ruiz Canales, 2010)
		Sol 3	Perillas	Consiste en una resistencia variable cuyo valor cambia al girarla, por medio de un divisor de voltaje se calcula el porcentaje que se ha girado esta lo que equivaldrá al valor que se desea ingresar. (Boylestad, 2004)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 32 Función almacenar información

26	Almacenar información	Sol 1	Memoria EEPROM	Consiste en un chip en el cual es posible almacenar información por medio de un bus de datos ya sea serie o paralelo, son capaces de retener la información durante un tiempo aproximado a 40 años y es posible borrarla y regrabarla entre 100000 y 1000000 de veces (USERS, 2011)
		Sol 2	PC (Interfaz de usuario)	Simula el panel de un instrumento físico, puede contener botones, interruptores, pulsadores, graficas o indicadores, los datos se introducen usando el teclado y el mouse y se visualizan en la pantalla de un PC (Ruiz Canales, 2010)
		Sol 3	N/A	N/A

Tabla 33 Función procesar información

27	Procesar información	Sol 1	Algoritmo evolutivo	Proceso iterativo que crea aleatoriamente una población en la cual cada individuo representa una potencial solución. Cada solución se evalúa y se le da una puntuación con el fin de escoger los individuos más aptos y de esta forma reproducirlos, mutarlos o cruzarlos con nuevas soluciones para la siguiente generación. (García, 2004)
		Sol 2	Control PID clásico	Este controlador consiste en tres acciones, la proporcional, la integral y la derivativa que son calculadas con base al set-point deseado y a la respuesta de realimentación que genera el sistema, la señal de respuesta de este tipo de controladores modifica de manera variable la respuesta del dispositivo final de control
		Sol 3	Sistema ON-OFF	Consiste en encender y apagar el dispositivo final de control buscando un punto medio o set point en el cual se desea trabajar, por motivos de la forma de funcionamiento deben ser determinados parámetros mínimos y máximos en los cuales se accionara o apagara el dispositivo, este tipo de controladores son ampliamente usados en variables cuya respuesta se da en periodos largos de tiempo

Tabla 34 Función comunicar

28	Comunicar	Sol 1	RS232 Cableada	Consiste en un protocolo de comunicación que envía un tren de pulsos a través de tres pines. Suelen agregarse 5 pines más en los conectores estándar, estos son usados para el control de la información tanto enviada como recibida (Ramírez, 2010)
		Sol 2	RS232 Inalámbrica (Xbee)	Módulo de comunicación inalámbrica que utiliza una comunicación serial entre dos dispositivos poseen alcances de entre 100 mt y 1,6 Km en línea de vista, con 9 entradas/salidas analógicas y digitales. (XBEE, 2013)
		Sol 3		

Tabla 35 Función visualizar información

29	Visualizar Información	Sol 1	Display (LCD)	Pantalla formada por dos cristales planos separados el uno del otro, con electrodos impresos con la forma de los segmentos que se deben ver, al ser estimulados ambos electrodos generan que la polarización de las ondas de luz sea en la misma dirección permitiendo que los rayos la atraviesen, en el caso contrario la polarización de las placas es opuesta ocasionando que no sea posible visualizarlo.
		Sol 2	PC (Interfaz de usuario)	Simula el panel de un instrumento físico, puede contener botones, interruptores, pulsadores, graficas o indicadores, los datos se introducen usando el teclado y el mouse y se visualizan en la pantalla de un PC. (Ruiz Canales, 2010)
		Sol 3	N/A	

Tabla 36 Función generar reportes

30	Generar reportes	Sol 1	Formato Digital	Consiste en un archivo que se genera en formato pdf que se genera al final de haberse ejecutado el programa en este se entregan los datos recopilados durante todo el proceso
		Sol 2	Formato Impreso	Consiste en un archivo que se genera en formato PDF que se genera al final de haberse ejecutado el programa en este se entregan los datos recopilados durante todo el proceso
		Sol 3	N/A	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 37 Función medir (peso)

31	Medir(Peso)	Sol 1	Celda de carga	Transductor que convierte la fuerza o peso a una señal eléctrica por medio de un detector de deformación que es un dispositivo que cambia su resistencia cuando está fatigado (esforzado).La posición precisa de la celda, el procedimiento de montaje, y todos los materiales utilizados tiene un efecto medible para el desempeño total de la celda de carga. (MNdz, 2011)
		Sol 2	Sistema de Balanza	Instrumento que mide la masa de una sustancia o cuerpo, utilizando como medio de comparación la fuerza de la gravedad que actúa sobre dicha masa. Se debe tener en cuenta que la fuerza el producto de la masa por la aceleración de la gravedad $[F = m \times g]$, que depende de factores como la latitud geográfica, la altura sobre el nivel del mar y la densidad de la tierra en el lugar donde se efectúa la medición. Dicha fuerza se mide en Newton. (Universitat de València, 2011)
		Sol 3		

Tabla 38 Función medir (RPM)

32	Medir (RPM)	Sol 1	Encoder absoluto	Convierte una posición angular en un número codificado digitalmente. Retiene la información sobre su posición ya que la lectura en el disco permanece inalterada ya que la resolución es fija y viene dada por el número de anillos que posea el disco, lo que resulta útil en caso de fallo en la fuente de alimentación y una eventual reanudación suministro.
		Sol 2	Encoder incremental	Este dispositivo genera un pulso por cada paso incremental en la rotación de un disco graduado con un reticulado radial formado por líneas opacas y alternadas con espacios transparentes. Estos pulsos se generan cada vez que las líneas opacas del disco atraviesan un rayo de luz y determinan su posición dependiendo del número de pulsos generado. El encoder incremental no emite posición absoluta, pero puede proporcionar alta resolución.
		Sol 3	N/A	

Tabla 39 Función medir (presión)

33	Medir (Presión)	Sol 1	Sensor piezo resistivo	Fabricado a partir de un lamina de silicio dopada en ciertas zonas para hacerla sensible a los esfuerzos, por medio de un puente de Wheastone, en el momento de aplicarse la presión la resistencia del material cambia, esta señal es tomada por un microprocesador que la amplifica y genera un señal de salida de 4 a20 mA. (Creus Solé, 1997)
		Sol 2	Sensor capacitivo	Consiste en dos placas fijas y un diafragma sensible en la parte interior el cual se encuentra bañado de un fluido comúnmente aceite, al aplicarse una presión sobre las placas fijas exteriores esta genera un leve desplazamiento no mayor a 0.1 mm en el diafragma interior generando una variación en la capacitancia. (Creus Solé, 1997)
		Sol 3	N/A	

Tabla 40 Función medir (desplazamiento)

34	Medir (Desplazamiento)	Sol 1	Encoder lineal	Consiste en un lamina perforada de manera intercalada de modo que al aplicar un haz de luz sea posible identificar cuantos pulsos se generan, al tener conocimiento del ancho de las perforaciones es posible crear una relación directa entre desplazamiento y pulsos contados
		Sol 2	Ultrasonido	Se basa en la emisión de un pulso de ultrasonido cuyo lóbulo, o campo de acción, es de forma cónica. Al medir el tiempo que transcurre entre la emisión del sonido y la percepción del eco se puede establecer la distancia a la que se encuentra el obstáculo que ha producido la reflexión de la onda sonora. (Diego, 2006)
		Sol 3	N/A	

Tabla 41 Función medir temperatura

35	Medir (Temperatura)	Sol 1	Termopar	Dispositivo para la medición de temperatura, el cual consiste en un circuito formado por dos conductores de metales diferentes, unidos en sus extremos entre la cuales existe una diferencia de temperatura que genera una fuerza electromotriz que está en función de los gradientes de temperatura que existen a lo largo de la longitud de los conductores. (Guerrero, 2002)
		Sol 2	Termistor	Resistor sensitivo térmicamente, en el cual su resistencia varia con el cambio de temperatura y se basa en la teoria de los agujeros. En la medida que la temperatura aumenta la generacion de pares de agujeros tambien lo hace, debido a la agitacion termica. Son populares por su tamaño, generalmente pequeños para adaptarse a diferentes aplicaciones. (Harper, 1995)
		Sol 3	RTD (resistencia detectora de temperatur a)	Se basa en la resistividad de los metales y su variación ante cambios en la temperatura, este tipo de sensores poseen gran estabilidad, sensibilidad y repetividad, la variación de las medidas en un año son de 0.1 C por lo cual son muy estables en el tiempo. (ingeniatric, 2011)

Tabla 42 Función medir (desplazamiento)

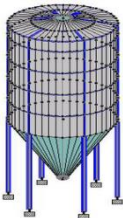
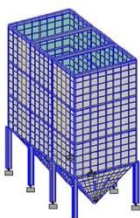
36	Medir (Desplazamiento)	Sol 1	Encoder lineal	Consiste en un lamina perforada de manera intercalada de modo que al aplicar un haz de luz sea posible identificar cuantos pulsos se generan, al tener conocimiento del ancho de las perforaciones es posible crear una relación directa entre desplazamiento y pulsos contados
		Sol 2	Ultrasonido	Se basa en la emisión de un pulso de ultrasonido cuyo lóbulo, o campo de acción, es de forma cónica. Al medir el tiempo que transcurre entre la emisión del sonido y la percepción del eco se puede establecer la distancia a la que se encuentra el obstáculo que ha producido la reflexión de la onda sonora. (Diego, 2006)
		Sol 3	Infrarrojo	Consiste en un fototransistor o fotodiodo el cual emite un haz de luz y un receptor, cuando se ubica un material frente al haz de luz este rebota cambiando la dirección permitiendo que llegue al receptor. (DACS, 2013)

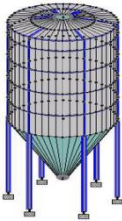
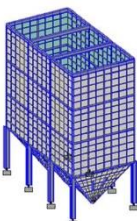
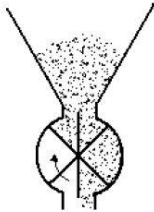
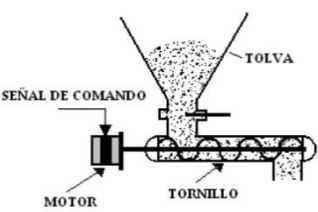
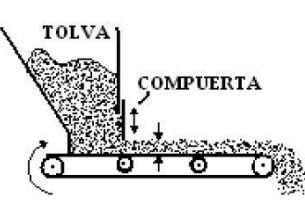
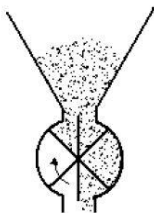
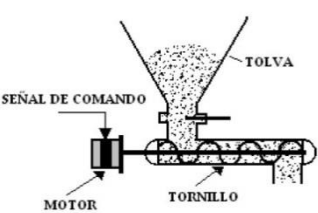
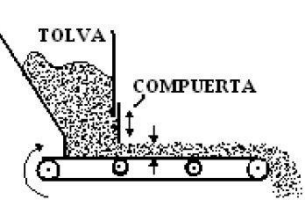

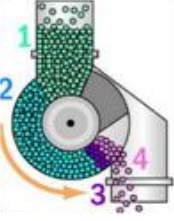

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 43 Función medir (peso final)

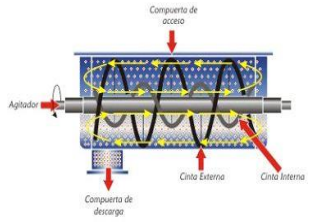
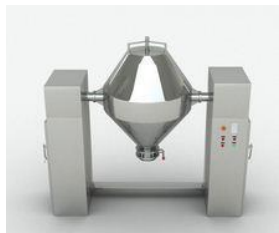

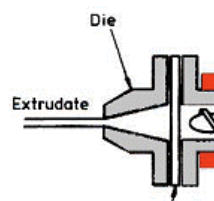
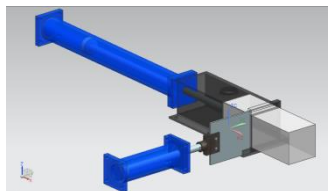
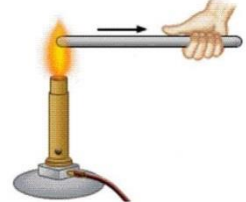


37	Medir (Peso Final)	Sol 1	Celda de carga	Transductor que convierte la fuerza o peso a una señal eléctrica por medio de un detector de deformación que es un dispositivo que cambia su resistencia cuando está fatigado (esforzado). La posición precisa de la celda, el procedimiento de montaje, y todos los materiales utilizados tiene un efecto medible para el desempeño total de la celda de carga. (MNdz, 2011)
		Sol 2	Sistema de Balanza	Instrumento que mide la masa de una sustancia o cuerpo, utilizando como medio de comparación la fuerza de la gravedad que actúa sobre dicha masa. Se debe tener en cuenta que la fuerza el producto de la masa por la aceleración de la gravedad [$F = m \times g$], que depende de factores como la latitud geográfica, la altura sobre el nivel del mar y la densidad de la tierra en el lugar donde se efectúa la medición. Dicha fuerza se mide en Newton. (Universitat de València, 2011)
		Sol 3	N/A	

Tabla 44 Imagenes de soluciones





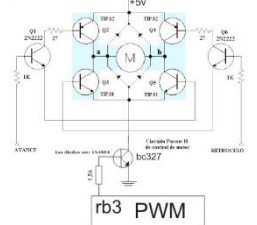


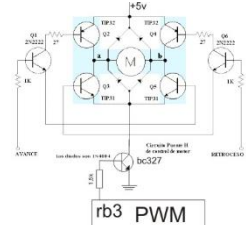
Función	Solución 1	Solución 2	Solución 3
1	 <p>Figura 22 Silo de cara circular (krishna grain systems, 2013)</p>	 <p>Figura 23 Silo de cara rectangular (krishna grain systems, 2013)</p>	

2	 <p>Figura 24 Silo de cara circular (krishna grain systems, 2013)</p>	 <p>Figura 25 Silo de cara cuadrada (krishna grain systems, 2013)</p>	
3	 <p>Figura 26 Dosificador de paletas rotativas (Garcia Torres, 2012)</p>	 <p>Figura 27 Dosificador mediante tornillo sin fin (Garcia Torres, 2012)</p>	 <p>Figura 28 Dosificador de compuerta (Garcia Torres, 2012)</p>
4	 <p>Figura 29 Dosificador de paletas rotativas (Garcia Torres, 2012)</p>	 <p>Figura 30 Dosificador mediante tornillo sin fin (Garcia Torres, 2012)</p>	 <p>Figura 31 Dosificador de compuerta (Garcia Torres, 2012)</p>
5	 <p>Figura 32 Tiempo de apertura</p>	 <p>Figura 33 Rotación de dosificadores (K-TRON, 2013)</p>	 <p>Figura 34 Tolva de pesaje (dmet, 2013)</p>


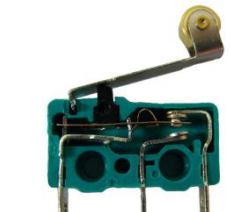

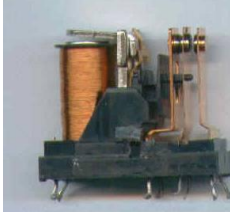





La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

6	 <p>Figura 35 Mezclador de cintas helicoidales (vibrasec, 2013)</p>	 <p>Figura 36 Tambor Rotatorio (hongdamach, 2013)</p>	 <p>Figura 37 Mezclador conico (farmingmachine, 2013)</p>
7	 <p>Figura 38 Dado de extrusión (Escuela tecnica de ingenierias industriales, 2013)</p>		
8	 <p>Figura 39 Conducción (PSCI, 2002)</p>		
10	 <p>Figura 40 Sistema balanza con encoder (Sri Chinmoy Centre, 2013)</p>	 <p>Figura 41 Tolva de Pesaje (QueBarato, 2013)</p>	




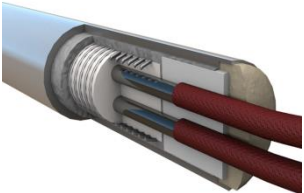
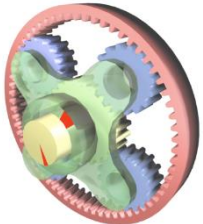
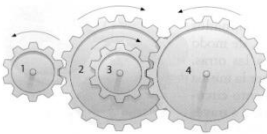



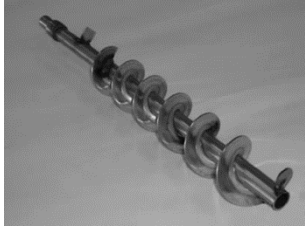
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

11			
	Figura 42 fuente de alimentación lineal	Figura 43 Fuente de alimentación conmutada	
12			
	Figura 44 fuente de alimentación lineal	Figura 45 Fuente de alimentación conmutada	
13			
	Figura 46 Puente H + PWM (uControl, 2013)	Figura 47 Variador de velocidad (SIEMENS, 2013)	
14			
	Figura 48 Válvula control diferencial (mankenberg, 2013)	Figura 49 Puente H + PWM (uControl, 2013)	







La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

15			
	Figura 50 Final de carrera capacitivo (Blogspot, 2013)	Figura 51 Microsuiche (WIKIMEDIA, 2013)	
16			
	Figura 52 Relé de estado solido (clion, 2013)	Figura 53 Relé electromagnético (sabelotodo, 2013)	
17			
	Figura 54 Motor trifásico (petrel080, 2013)	Figura 55 Motor monofásico (directindustry, 2013)	
18			
	Figura 56 Motor trifásico (petrel080, 2013)	Figura 57 Sistema hidráulico (OLX, 2013)	Figura 58 Sistema neumático (DINO POWER INDUSTRY, 2013)



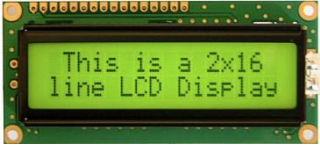





La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

19	 <p>Figura 59 Motor trifásico (petrel080, 2013)</p>	 <p>Figura 60 Sistema hidráulico (OLX, 2013)</p>	 <p>Figura 61 Sistema neumático (DINO POWER INDUSTRY, 2013)</p>
20	 <p>Figura 62 Resistencia eléctrica (durawatt, 2013)</p>		
21	 <p>Figura 63 Engranaje planetario (Wikimedia Commons, 2013)</p>	 <p>Figura 64 Tren de engranajes (aprender20, 2013)</p>	 <p>Figura 65 Sin-fin Corona (tecnologiaselectividad, 2009)</p>
22	 <p>Figura 66 Pistón neumático (qncomponentes, 2013)</p>	 <p>Figura 67 Pistón hidráulico</p>	 <p>Figura 68 Tornillo sin fin (atmos, 2013)</p>


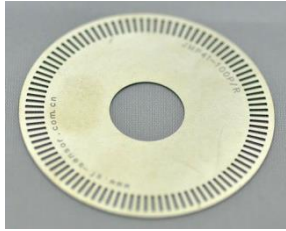







La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

23	 <p>Figura 69 Pistón neumático (qncomponentes, 2013)</p>	 <p>Figura 70 Pistón hidráulico (wtcylinder, 2013)</p>	
24	 <p>Figura 71 Interruptor (bricogeek, 2013)</p>		
25	 <p>Figura 72 Teclado matricial (espelectronicsdesign, 2013)</p>	 <p>Figura 73 PC (Interfaz de usuario) (r4town, 2013)</p>	 <p>Figura 74 Perillas (historiadeloscondensadores, 2013)</p>
26	 <p>Figura 75 Memoria EEPROM (espelectronicsdesign, 2013)</p>	 <p>Figura 76 PC (Interfaz de usuario) (r4town, 2013)</p>	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

28	 <p>Figura 77 RS232 (Informatica D.J, 2013)</p>	 <p>Figura 78 RS232 + Xbee (XBEE, 2013)</p>	
29	 <p>Figura 79 Display (LCD) (unocero, 2013)</p>	 <p>Figura 80 PC (Interfaz de usuario) (r4town, 2013)</p>	
30	 <p>Figura 81 Formato Digital (tekserve, 2013)</p>	 <p>Figura 82 Formato Impreso (GRÁFICOS, 2013)</p>	
31	 <p>Figura 83 Celda de carga (wim-systems, 2013)</p>	 <p>Figura 84 Sistema de Balanza (pce-instruments, 2013)</p>	

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

32			
	Figura 85 Encoder absoluto (Alibaba, 2013)	Figura 86 Encoder Incremental (Alibaba, 2013)	
33			
	Figura 87 Sensor piezoresistivo (Sensor, 2013)	Figura 88 Sensor de presión capacitivo (SENSING, 2013)	
34			
	Figura 89 Encoder lineal (Sensing, 2013)	Figura 90 Ultrasonido (superrobotica, 2013)	
35			
	Figura 91 Termopar (termokew, 2013)	Figura 92 Termistor (microelectronicash, 2013)	Figura 93 RTD (hawco, 2013)

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

36	 <p>Figura 94 Encoder lineal (Sensing, 2013)</p>	 <p>Figura 95 Ultrasonido (superrobotica, 2013)</p>	 <p>Figura 96 Infrarrojo (5hz-electronica., 2013)</p>
37	 <p>Figura 97 Celda de carga (POISE, 2013)</p>	 <p>Figura 98 Sistema de balanza (pce-instruments, 2013)</p>	

3.12 SELECCIÓN DEL CONCEPTO

En la siguiente tabla se presentan las soluciones seleccionadas para cada una de las funciones generadas

Tabla 45 Selección del concepto A

Función	Solución	Función	Solución	Función	Solución
1	1	13	2	25	2
2	1	14	1	26	2
3	1	15	1	27	2
4	1	16	1	28	1
5	3	17	1	29	2
6	3	18	2	30	1
7	2	19	2	31	1
8	1	20	1	32	2
9	1	21	3	33	2
10	2	22	2	34	2
11	N/A	23	2	35	3
12	1	24	1	36	2
				37	1

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Tabla 46 Selección del concepto B

Función	Solución	Función	Solución	Función	Solución
1	2	13	1	25	1
2	2	14	1	26	1
3	2	15	2	27	3
4	2	16	N/A	28	2
5	3	17	2	29	1
6	1	18	1	30	2
7	1	19	1	31	1
8	2	20	N/A	32	2
9	N/A	21	1	33	1
10	1	22	3	34	1
11	2	23	N/A	35	2
12	1	24	1	36	1
				37	1

Tabla 47 Criterios de selección

CRITERIOS DE SLECCION	PESO	DEFINICION	CONCEPTO A	CONCEPTO B
GENERACION DE DIFERENTES GEOMETRIAS	20	Capacidad de la máquina para cambiar el molde de compactación fácilmente.	4,5	4
TAMAÑO DE LOS COMPONENTES	15	Selección de componentes que posean un tamaño reducido para facilitar la ubicación de la maquina en un laboratorio	3,8	4
USO DE ELEMENTOS COMERCIALES	15	Selección de fácil adquisición en el sector	4	3,5
GENERACIÓN MINIMA DESPERDICIOS	20	Componentes que reduzcan la cantidad de desperdicio producido durante el proceso de compactado	4,5	3,5
INTERFAZ CON USUARIO	15	Facilidad para manipular datos de entrada y visualizar resultados del proceso	4,8	3,5
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE PRUEBAS	15	Capacidad de la máquina para almacenar los resultados de las pruebas realizadas anteriormente	4,8	3,8
CALIFICACIÓN	100		3,81	3,195

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

3.13 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CONCEPTO

El dispositivo seleccionado, consta de dos tolvas de cara circular y un sistema dosificador de paletas rotativas, donde inicialmente se depositan los materiales a compactar que de forma regular se traslada a la zona de pesado. La zona donde se realiza el pesado, es un sistema compuesto por un contenedor de geometría triangular que permite al material deslizarle por efecto de la gravedad además de posibilitar rotación en uno de sus extremos e incorporar en el otro algunas celdas de carga que proporcionan datos sobre la variación en el peso a medida que el material se deposita. Sin embargo, para que dicho proceso de pesado proporcione lecturas correctas, la dosificación debe hacerse de a un material a la vez.

Una vez realizado el proceso anterior, el material se libera al abrir una escotilla, accionada por un pistón, y es dirigido a la zona de mezclado, en esta zona los materiales se depositan en una tolva de cara circular, donde se incorporan por medio de un elemento mezclador que se encuentra girando al interior de esta, el cual es controlado por un variador de velocidad y alimentado por un encoder ubicado en el eje del motor.

Para la compactación del material se utiliza un pistón hidráulico junto con moldes intercambiables con los que se obtienen diferentes formas. La presión aplicada en este punto se hace por medio de un sistema hidráulico compuesto por una bomba para impulsar el fluido, un tanque de almacenamiento y una válvula diferencial que determina la cantidad de fluido que ingresa. Acoplado a este sistema se tiene un sensor de presión capacitivo para registrar tanto la presión en el tanque como la presión entregada al pistón, así como, una resistencia eléctrica que rodea los moldes para calentar el material durante el proceso.

El molde cuenta con tres orificios el primero circular en la zona superior donde se encuentra una válvula de guillotina encargada de permitir el paso de material entre la zona de mezclado y la de compactación. El segundo está ubicado en la cara lateral del molde y permite la evacuación de la pieza compactada, para ello cuenta con una compuerta accionada mediante un pistón hidráulico. El tercer orificio está ubicado permite el alojamiento del propio pistón destinado a la extracción del material compactado. Una vez terminada la compactación se abre la compuerta y el pistón de compactado completa su recorrido expulsando la briqueta del molde hacia la plataforma de recibo donde el usuario puede disponer del material procesado.

El usuario cuenta con una interfaz de usuario gráfica implementada en pc en la cual podrá ingresar las variables del proceso, tomar y visualizar datos generados durante el proceso y obtener informes de pruebas realizadas con antelación.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL CONCEPTO SOLUCIÓN ASISTIDA POR MODELOS CAD

El dispositivo fue concebido siguiendo una arquitectura de tipo ranura modular que permite ensamblar o cambiar un subsistema o componente sin generar problemas en otros. Se dio prioridad al uso elementos comerciales así como al mismo tipo de alimentación de energía para todos los subsistemas, que para este caso se fijó en energía eléctrica alterna trifásica. A continuación se hace un recuento de la distribución del equipo que se puede observar en la figura 33.

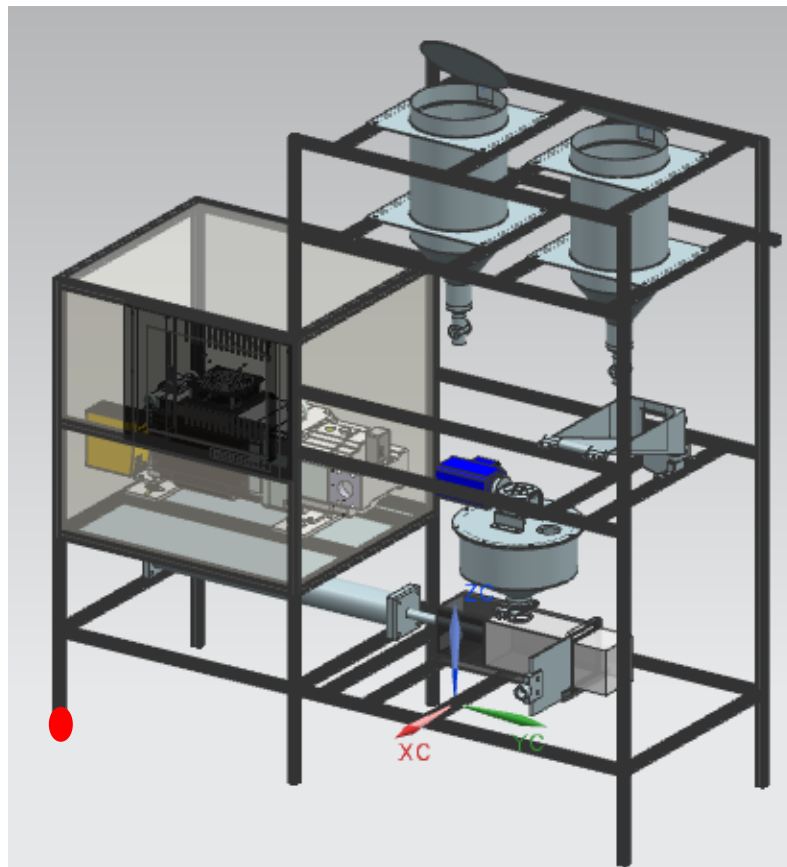


Figura 99 Distribución general del dispositivo diseñado. Obsérvese el marcador rojo que sirve para ubicar el centro de masa.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- **Estructura general:** Comprende todo el sistema estructural donde están ubicados los demás sistemas.
- **Sistema de almacenaje de material:** Encargado de contener el material que será usado para las diferentes pruebas.
- **Sistema de dosificación:** Entrega material en la cantidad adecuada evitando derrames.
- **Sistema de pesado:** Encargado de medir las proporciones en masa de los materiales seleccionados por el usuario previamente.
- **Sistema de mezclado:** Homogeniza los materiales que serán compactados.
- **Sistema de compactado:** Sistema dirigido a generar el proceso de compactación del material para obtener briquetas.
- **Sistema de manejo de señales:** Recolecta información de los diferentes sensores ubicados en el dispositivo y transmitir esta información al usuario.

Usando herramientas CAD se calculó el peso del dispositivo en 209 Kg, el centro de masa se ubicó a 218 mm en la desde el marcador rojo ubicado en la dirección "X", 595mm en dirección "Y" y 670 mm en dirección "Z" usando el mismo marcador (ver marcador en la figura 33). Esta configuración otorga estabilidad al dispositivo para su operación.

4.1.1 Estructura general

Es un armazón compuesto por perfiles cuadrados de aluminio estructural 6061 de 20mm de lado que forman un entramado paralelo de marcos superpuestos. La forma del perfil permite la fácil fijación y remoción de componentes mediante bridas y tornillería. Placas ubicadas en la sección que aloja los componentes electrónicos los protege de contaminantes y facilita las labores de limpieza. En la figura 34 se aprecian el largo, alto y ancho del armazón.

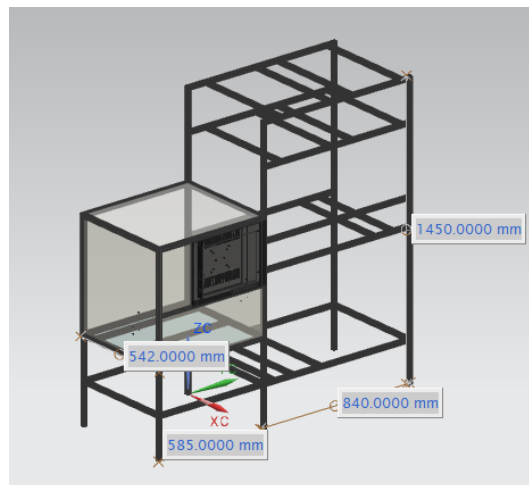


Figura 100 Armazón y dimensiones

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

4.1.2 Sistema de almacenaje de material

Destinado a recibir y almacenar el material que será compactado, su disposición en forma circular y cónica evita acumulaciones en su interior. Se dispone de dos tolvas similares para igual número de materiales usados en la elaboración de las briquetas. Tapas pivotadas en la parte superior protegen el material almacenado de contaminantes externos.

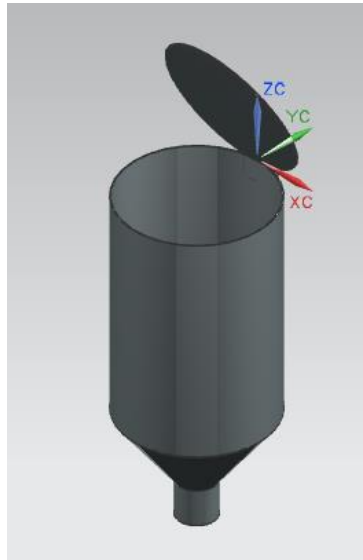


Figura 101 Sistema de almacenaje

4.1.3 Sistema de dosificación

El proceso de dosificación es de especial importancia puesto que una vez el material pasa por esta etapa se puede conocer el peso de la briqueta así como la proporción de cada material en ellas según el control del flujo del material.

Para llevar a cabo lo anterior, el sistema se encuentra acoplado a la salida de la tolva y cuenta con un motor trifásico que proporciona movimiento a un sistema de paletas por medio de un acople rígido, con el fin de reducir el juego con el eje del motor. Así es posible evitar excesos de material o en caso contrario falta del mismo al siguiente sistema. En la figura 36 se aprecia el montaje del sistema antes descrito.

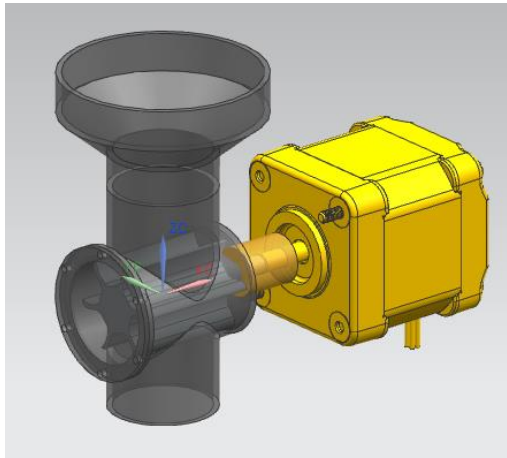


Figura 102 Sistema de dosificación

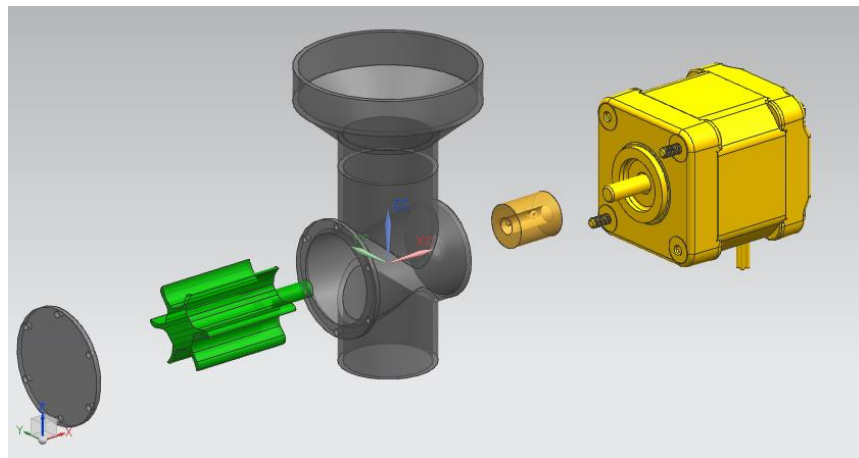


Figura 103 Vista explosionada de dosificación

4.1.4 Sistema de pesado

Este sistema recibe el material proveniente del contenedor de las paletas rotatorias y registra el peso del mismo gracias a sendas celdas de carga situadas en la parte inferior de la geometría triangular pivotado. La rotación debida al momento del peso del material garantiza el posicionamiento sobre las celdas, las cuales permiten suspender la llegada de nuevo material, garantizando la misma cantidad en cada ciclo de alimentación. Una vez pesado el sistema rota y libera el material para su mezcla y homogenización (Figura 37).

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

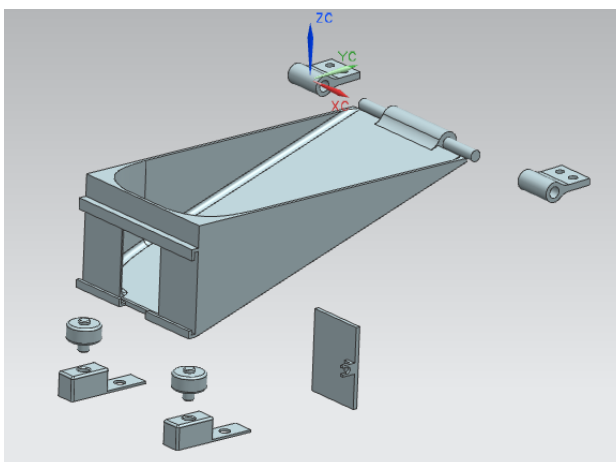


Figura 104 Sistema de pesado

4.1.5 Sistema de mezclado

Se compone de una tolva sellada por una cubierta que permite el ingreso del material proveniente de la zona de pesado a través de una abertura. En el interior de esta tolva se encuentra un elemento mezclador que gira gracias a un motor trifásico sostenido por un soporte apoyado en la cubierta. Los elementos anteriores están unidos mediante un engranaje sin-fin corona que transmite la potencia del motor, evitando que se produzcan movimientos de retroceso debido a esfuerzos generados por el material gracias a la característica de auto bloqueo que poseen este tipo de transmisiones. En la parte inferior de la tova se ubica una válvula de guillotina que permite el paso del material una vez finalizado el mezclado.

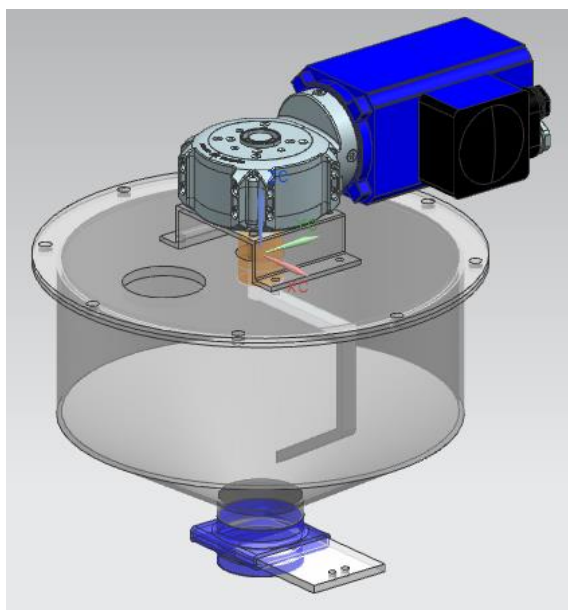


Figura 105 Sistema de mezclado

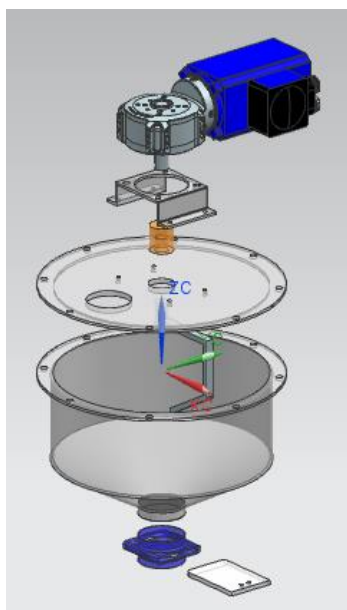


Figura 106 Vista explosionado de sistema de mezclado

4.1.6 Sistema de compactado

Consta de una base que soporta los moldes con los cuales se realiza la compactación así como la resistencia eléctrica que eleva su temperatura durante el proceso. Cuenta con una

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

compuerta accionada mediante un pistón hidráulico por donde será evacuada la briqueta. El proceso emplea un pistón hidráulico que mueve la placa de compactación susceptible de cambio. Una vez se ha terminada la compactación se abre la compuerta descrita antes permitiendo al pistón hidráulico finalizar su recorrido y desplazar la briqueta terminada hacia una bandeja externa de almacenamiento.

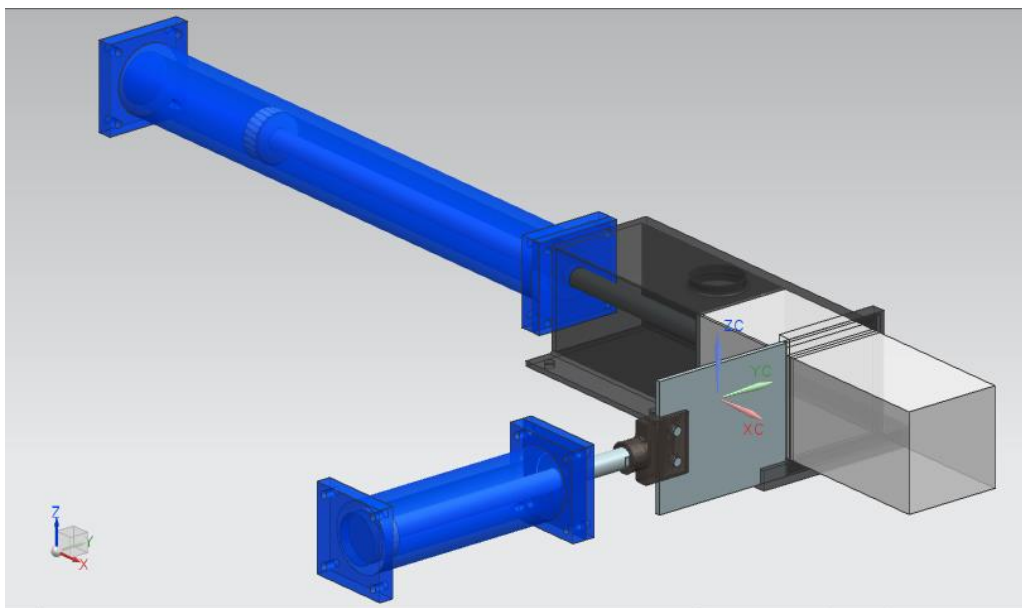


Figura 107 Zona de compactación

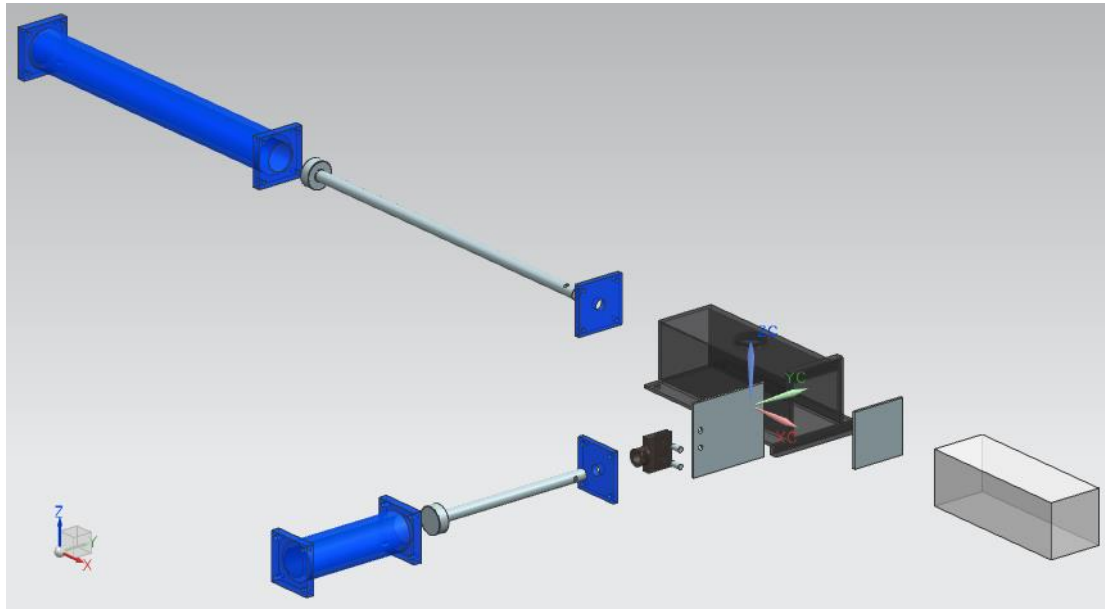


Figura 108 Vista explosionado de sistema de compactación

4.1.7 Sistema de manejo de señales.

Está compuesto por diferentes sensores encargados de registrar las variables de temperatura presión y posición, sistemas de comunicación y una pantalla donde se visualizara la interfaz gráfica. Estos elementos se encuentran ubicados en el costado izquierdo del dispositivo disminuyendo la profundidad del mismo y permitiendo separar las zonas de potencia y señal, al cubrirlas con láminas que evitan que la contaminación afecte el correcto funcionamiento de los mismos. La interfaz gráfica permite la interacción del usuario con la maquina mediante la visualización e ingreso de las variables del proceso en tiempo real y los reportes generados en informes anteriores.

4.2 ANALISIS DE ELEMENTOS FINITOS (FEA)

Usando FEA se determinaron los esfuerzos Von Mises en los componentes encargados de soportar la compresión del material. Inicialmente se realizaron pruebas a una lámina de 5 mm de espesor fabricada con acero AISI/SAE 1020 (límite elástico de 345MPa), aplicando una presión de 5 MPa sobre la cara mostrada. Los resultados mostraron que el esfuerzo resultante excede 1,5 veces el límite elástico del material elegido (531 MPa). En la figura 39 se aprecian los resultados del análisis

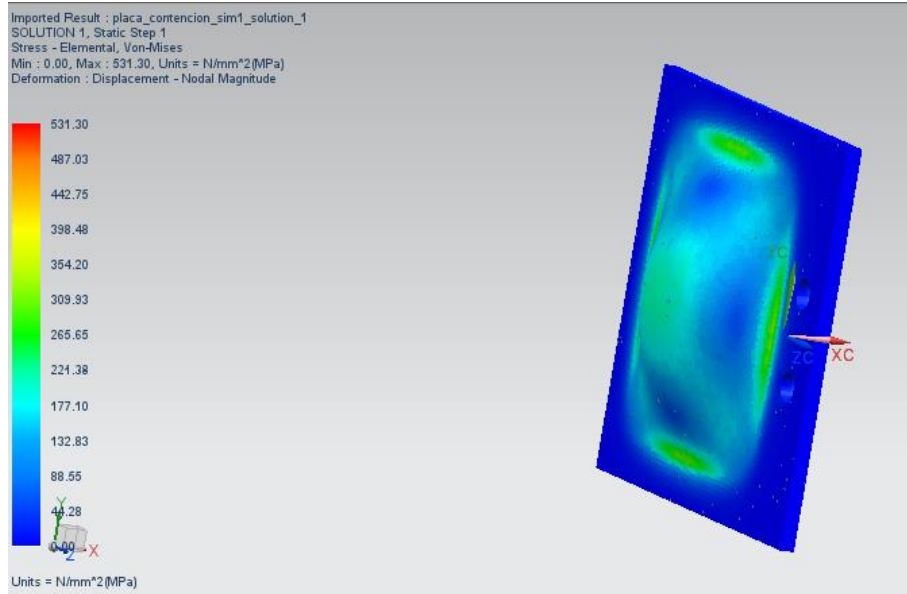


Figura 109 Análisis de elementos finitos placa de contención de material acero AISI/SAE 1020

Por dicho motivo se decide incrementar el espesor de dicha placa a 6.35 mm (1 in), además de cambiar el material de fabricación por un acero AISI/SAE 4340 cuyo límite de fluencia es de 470 MPa permitiendo resistir presiones más elevadas, adicionalmente el aumento en el espesor de la placa genero una reducción en el esfuerzo resultante, dando como resultado una carga aplicada de 375.68 MPa

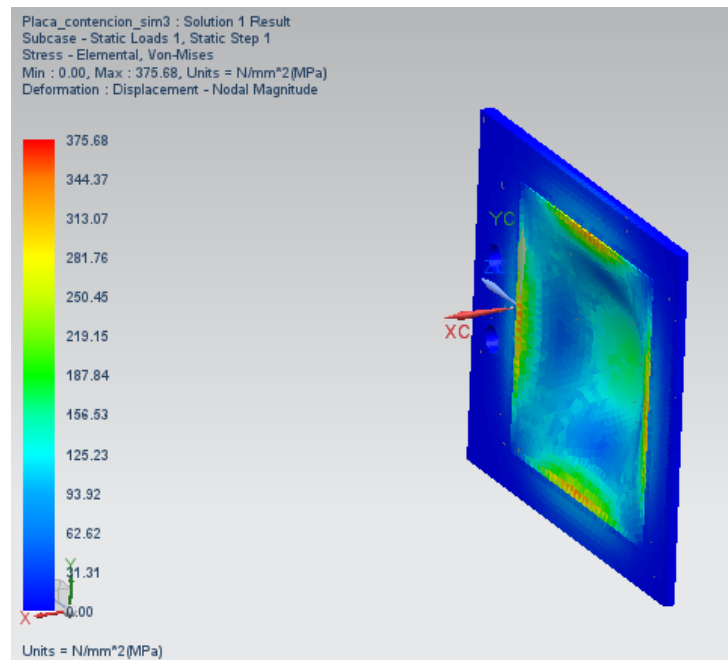


Figura 110 Análisis de elementos finitos placa de contención de material acero AISI/SAE 4340

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

5. CONCLUSIONES Y CONSIDERACIONES FINALES

5.1 REFLEXIONES FRUTO DEL TRABAJO Y SUGERENCIAS PARA POSTERIORES PROYECTOS.

- Realizar una simulación del comportamiento del material durante el proceso de compactación.
- Utilizar acero inoxidable SAE 304 como material de construcción para las zonas de pesado y almacenamiento, debido a la humedad que presenta el material que será compactado.
- Diseñar los algoritmos de control encargados de regular las presiones y temperaturas involucradas en el proceso

5.2 CONCLUSIONES

Luego de limitar el problema a través de la búsqueda de información dirigida a generar las necesidades y medidas del proyecto de diseño elaboró una lista de especificaciones de 17 ítems de las cuales se resaltan el tamaño de las briquetas producidas (30x10x10cm), y la granulometría final del lodo al momento de su compactación (gránulos no mayores de 2,5mm de diámetro, suponiendo partículas esféricas). Estas especificaciones influenciaron de manera determinante la estructura funcional que se desarrolló en etapas posteriores.

La complejidad del concepto desarrollado quedó evidenciada por el número de funciones identificadas y por las interacciones generadas entre ellas. En total se generaron 37 funciones de las cuales se destacan las funciones compactar, transformar energía eléctrica a mecánica y pesar. Las alternativas de solución dadas a estas funciones modificaban ostensiblemente el diseño final y resultaron definitivas durante la selección del concepto a la luz de los criterios de calificación.

El concepto solución generado al final del proceso consta de dos tolvas que almacenan sendos materiales destinados a compactación los cuales son enviados a una zona de pesado que calcula las proporciones que serán mezcladas con ayuda de celdas de carga. El material pasa entonces a un recipiente cilíndrico de mezcla que alimenta la zona de compactación situada en la parte inferior de la máquina. Una unidad hidráulica alimenta un sistema de pistones que compacta el material mezclado a la vez que lo libera hacia el exterior, una vez ha sido conformado en briquetas. Todo el conjunto está soportado en una

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

estructura construido con perfiles cuadrados de aluminio de lado 20mm. Las dimensiones totales de la máquina son 1450mm de altura, 542mm de profundidad y 1425mm de ancho.

Se usó software CAD de alto nivel para el modelado del concepto de diseño (NX 8,0 - Siemens PLM Software) por su facilidad para crear ensambles y para generar resultados a través de FEA. El ensamble final posee 154 piezas de diversa complejidad, la mayor parte de ellas diseñadas para este proyecto (alrededor del 30% son comerciales). El peso total de la máquina se calculó en 209 kg y se obtuvo con base en los materiales asignados al ensamble. El centro de masa de la máquina se ubicó cerca al centro de la misma, garantizando de este modo estabilidad durante su operación.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

6. BIBLIOGRAFÍA

- 5hz-electronica. (2013). Obtenido de <http://www.5hz-electronica.com/sensorinfrarrojodeproximidadderangolargo-sharpgp2y0a02yk0f.aspx>
- Abreu, L. R. (2011). *Hemicelulosas de maderas*.
- Aguilar, B. B. (2012). *maripapel*. Recuperado el 2013, de <http://www.maripapel.com/20080519910/articulos/papel-y-tisu/esfuerzos-soportados-por-el-yankee.html>
- Alguero, J. M. (2002). *Automatización de un proceso de destintado en una industria papelera*.
- Alibaba. (2013). Obtenido de <http://spanish.alibaba.com/product-gs/encoder-disc-459752985.html>
- Alvarez, J. (2009). *Motores de inducción*.
- ANDI. (2012). *Indice consumo aparente de pulpas y papel desperdicio estadísticas históricas*.
- aprender20. (2013). Obtenido de http://aprender20.es/tecnologia/1eso/mecanismos/actividades/ejercicios/hot_pot_mecanismos/cuestiones_rodas_dentadas2.htm
- Artezán, M. S. (2003). *Diseño de un control de velocidad para motores de inducción por relación voltaje/frecuencia*.
- Asociación Nacional de Empresarios de Colombia. (2012). *Indice consumo aparente de papeles y cartones estadísticas históricas*.
- ASPAPEL. (2008). *Guía de gestión de residuos (Fabricas de pasta, papel y carton)*.
- atmos. (2013). Obtenido de <http://www.atmos.cz/spanish/nahradni-dily-279>
- Blandon Montes, A. (2009). *Informe de resultados analisis lodo y carbon*.
- Blogspot. (2013). Obtenido de <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/capacitivo.html>
- Boylestad, R. L. (2004). *Introducción al análisis de circuitos*. Pearson.
- bricogeek. (2013). Obtenido de <http://www.bricogeek.com/shop/200-interruptor-on-off-cuadrado.html>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Camara de papel. (2008). *Camara de papel*. Recuperado el 07 de 2013, de <http://www.camaradelpapel.com.mx/historia/historia.htm>

Canto Quintal, C. E. (2006). *El teclado matricial*.

CARTOPEL. (2013). *PROCESO DE FABRICACION DE PAPEL EN MOLINO CARTOPEL*.

Cifuentes, M. (04 de 2013). (D. B. Jaramillo, Entrevistador)

clion. (2013). Obtenido de <http://www.electrical-relay.es/4-solid-state-relay-13.html>

Cobiella, N. (2006). *El papel y la escritura. Origen, historia y evolución*. Pericias caligraficas.

Coburn , R., & Dolan , G. (1995). Beneficial use of paper mill sludge. *BioCycle*, 36(9), 69-71.

Creus Solé, A. (1997). *Instrumentación industrial*.

Cutes Europe Ltd. (2012). *Fabricación del Papel*. Frankfurt.

DACS. (2013). Obtenido de <http://sensoresdeproximidad.blogspot.com/p/infrarrojo.html>

Diego, D. P. (2006). *SENSORES DE DISTANCIA POR ULTRASONIDOS*.

DINO POWER INDUSTRY. (2013). Obtenido de http://www.compresor-de-aire.com/compresores_de_aerografia_pequenos.html

directindustry. (2013). Obtenido de <http://www.directindustry.es/prod/neckar/motores-electricos-asincronos-monofasicos-26816-1237983.html>

dmet. (2013). Obtenido de <http://www.dmet.com.mx/tolvas%20para%20envasado%20y%20almacenaje.html>

DNP. (2003). *Pulpa, papel e industria grafica*.

durawatt. (2013). Obtenido de <http://www.resistencias.com/esp/durawatt.php>

Electrocomponentes S.A. (2011). *Fuentes de alimentación*.

Energy products of idaho. (1999). *Paper Sludge - Waste Disposal Problem or Energy Opportunity*.

Escuela tecnica de ingenierias industriales. (2013). Obtenido de http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/extrusion/linea_de_extrusion.htm

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

espelectronicdesign. (2013). Obtenido de http://www.espelectronicdesign.com/Tutoriales/tutorial_manejo_teclado_matricial.php

EYLOBIOM. (2012). *EYLOBIOM*. Recuperado el 2013, de <http://www.eylobiom.es/briquetas/>

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. (1981). Madera fuente de energía - edición especial 1. *Revista internacional de silvicultura e industrias forestales*, 33.

farmingmachine. (2013). *hylan*. Recuperado el 2013, de http://www.farmingmachine.es/big_img.html?etw_path=http://www.farmingmachine.es/2-1-6-ribbon-feed-mixer.html&big_etw_img=2-feed-processing-equipment/1-6-1b.jpg

Flores De Papel. (21 de 09 de 2012). *Érase una vez... el libro*. Sevilla, España.

Fondo de Protección Ambiental (FPA). (2011). *Briquetas - Proyecto "Recuperación de la poda de las parras para compostaje y briquetas para hornos"*.

García Hortal, J. A. (2007). *Fibras papeleras*. Ediciones UPC.

García Torres, E. M. (2012). *Diseño y construcción de un prototipo con sistema scada aplicado al control del micro clima y dosificación del producto almacenado en silos*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

García, E. M. (2004). *Sistemas evolutivos y selección de inidicadores*. Pinelo Talleres.

GRÁFICOS, 1. I. (2013). Obtenido de <http://1aimpresosgraficos.blogsome.com/>

Greenpeace. (2006). *El fuuto de la producción de celulosa y kas técnicas de producción mas favorables para el medio ambiente*.

Grupo Cecatherm. (2010). *Cecatherm*. Recuperado el 2013, de <http://www.cecatherm.com/calefaccion-radiante/radiacion-conveccion-conduccion>

Guerrero, S. M. (2002). *Termopares*.

Harper, E. (1995). *El control electronico de las maquinas electricas*. LIMUSA.

hawco. (2013). Obtenido de http://www.hawco.co.uk/RTD-PT100-StSt-Sensor_1393_p.aspx

historiadeloscondensadores. (2013). Obtenido de <http://historiadeloscondensadores.blogspot.com/>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- hongdamach. (2013). *hongdamach.* Obtenido de <http://www.hongdamach.com/html/es/Productos/pro2/>
- How Products Are Made. (2006). *How Products Are Made.* Recuperado el 2013, de <http://www.madehow.com/Volume-6/Toilet-Paper.html#b>
- HQ Paper Maker. (2004). All About Paper. Tailandia.
- Imperio-Romano. (2013). El Papiro. España.
- Imprenta Nacional de Colombia. (2013). *Imprenta Nacional de Colombia Miniportal.* Recuperado el 2013, de http://www.imprenta.gov.co/portal/page/portal/IMPRENTA/miniportal/MIN_prensas
- Informatica D.J. (2013). Obtenido de http://www.infdj.com/productos/Cable_USB_a_RS_232_VSCOM_1_Port__AM_1x_DB9M_.html
- ingeniatic. (2011). *Sensores de temperatura (RTD).* Obtenido de <http://ingeniatic.euitt.upm.es/index.php/tecnologias/item/588-sensores-de-temperatura-rtd>
- Ismail, M. (2010). Fabrication of bricks from paper sludge and palm oil fuel ash. *Concrete research letters*, 1(2).
- Johnson, M. (2005). *De pesca con FTIR.*
- Kalpakjan, S. (2002). *Manufactura, ingeniería y tecnología.*
- Kinsella, S. (1989). The History of Paper. *Resource Recycling.* Washington D.C.
- KOMAREK. (2009). *KOMAREK.* Recuperado el 2012, de <http://www.komarek.com/espanol/b50.html>
- krishna grain systems. (2013). Obtenido de <http://krishnagrainsystems.co.in/Compartmental%20Silo.html>
- K-TRON. (2013). Obtenido de http://www.ktron.es/products/feeders/bsp_overview.cfm
- Licar. (2013). *Licar.* Recuperado el 2013, de <http://www.licar.es/>
- Lindero Emiliano, G. (2007). *Obtencion de papel reciclado mediante el uso de una columna de flotación y caracterización de las fibras de papel obtenidas.* Morelia.
- LIPPEL. (2012). *LIPPEL - Equipamentos de alta performance.* Recuperado el 2013, de <http://www.lippel.com.br/es/sustentabilidad/briquetaje-y-peletizacion/briquetas-de-biomasa-y-carbon.html#.UWOOWKJg-Ak>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Lleal S.A. (2013). *Equipos de laboratorio*.

mankenberg. (2013). Obtenido de <http://www.mankenberg.de/es/20/prgb:21/product:vlvulas-de-control-de-caudal-y-presin-diferencial/products.html>

Martín, F. M. (1994). Pélets y Briquetas. *AITIM*, 171, 54-62.

MICRO. (2011). *Cilindros*.

microelectronicash. (2013). *microelectronicash*. Obtenido de http://www.microelectronicash.com/index.php?secc=catalogo&pp=50&keyword=&codigo_de_rubro=TERMIS&cod=

Ministerio del medio ambiente Gobierno de Chile. (2011). *Briquetas, fabricación, usos y beneficios*.

MNdz, A. P. (2011). *Principio básico de una celda de carga*.

N. Engblom, H. S. (2012). Segregation of Construction Materials in Silos. Part 1: Experimental Findings on Different Scales. *Particulate Science and Technology*, 30, 145-160.

National Geographic España. (05 de 2013). Efemeride Gutenberg, el padre de la imprenta. España.

NEDERMAN. (2010). *Metal chip briquetters*.

NR. (2007). *Clarificadores convencionales por gravedad*.

OLX. (2013). Obtenido de <http://mhidalgo.olx.com.mx/compresores-coinfe-serv-correctivos-preventivos-inst-neumaticas-hidraulicas-y-electricas-iid-103595083#gallery-big-viewer>

OMRON ELECTRONICS, S.A. (2003). *GUÍA RÁPIDA RELES DE ESTADO SOLIDO SSRs*.

PANINSA PAPELERA INTERNACIONAL. (2013). *PANINSA*. Recuperado el 2013

Papelera del nevado. (2013). *Nevado*. Recuperado el 2013, de <http://www.nevado.com.mx/page8.html>

pce-instruments. (2013). Obtenido de http://www.pce-instruments.com/espanol/productos-generales-para-profesionales/balanzas/balanza-compacta-pce-instruments-balanza-compacta-pce-bdm-1.5-det_101646.htm

petrel080. (2013). Obtenido de <http://petrel080.wordpress.com/>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

- PETROMERCADO. (2013). *PETROMERCADO*. Recuperado el 2013, de <http://petromercado.com/blog/37-articulos/105-poder-calorifico-inferior-y-superior.html>
- POISE. (2013). *basculas poise*. Obtenido de http://www.basculaspoise.com/store/merchant.mvc?Screen=PROD&Store_Code=BP&Product_Code=TLB&Category_Code=acondicionadores
- PSCI. (2002). *Propagación del Fuego*.
- qncomponentes. (2013). Obtenido de http://www.qncomponentes.com/qnci/product.php?id_product=19
- QueBarato. (2013). Obtenido de http://bogotadc.quebarato.com.co/bogota-d-c/balanza-bascula-gramera-mecanica-de-cocina-referencia-kca__5FF389.html
- Quinchía , A. M., Valencia, M., & Giraldo, J. M. (2007). Uso de lodos provenientes de la industria papelerera en la elaboración de paneles prefabricados para la construcción. *Revista EIA*(8), 9-19.
- Quinchia, A. M., Irwin , S., & Uribe Ramírez, A. M. (Junio de 2007). Diseño de una metodología de selección de sitios para monorrellenos de lodos papeleros. *Revista EIA*(7), 127-136.
- Quminet. (2013). *Quminet*. Obtenido de <http://www.quiminet.com/articulos/las-mezcladoras-de-cintas-helicoidales-para-mezclar-polvos-y-granulados-2638621.htm>
- r4town. (2013). Obtenido de <http://r4town.com/products/Mini-PC-Android-4.0.html>
- Ramírez, G. S. (2010). *Comunicaciones RS-232(Puerto Serie)*.
- Real Academia Española. (2001). *Diccionario de la Lengua Española*. Real Academia Española.
- Ruiz Canales, A. (2010). *Automatización y telecontrol de sistemas de riesgo*.
- sabelotodo. (2013). Obtenido de <http://www.sabelotodo.org/electrotecnia/releeselectromagnetico.html>
- Salazar Guerrero, R. (2009). *Senspres de proximidad capacitivos* .
- Schneider Electric. (2008). *Variadores de velocidad, arrancadores electrónicos y motores*.
- Scott, G. M., & Smith, A. (1995). *Sludge characteristics and disposal alternatives for the pulp and paper industry*. Forest Products Laboratory, Atlanta.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Sensing. (2013). Obtenido de http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-desplazamiento_215/Encoders-de-desplazamiento-lineal_217/

SENSING. (2013). Obtenido de http://www.sensores-de-medida.es/sensing_sl/SENSORES-Y-TRANSDUCTORES_35/Sensores-de-presi%C3%B3n_107/Sensores-de-presi%C3%B3n-diferencial_165/

Sensor, S. (2013). Obtenido de http://spanish.differential-pressuresensor.com/china-ht20v_high_precise_10vdc_oil_filled_silicon_piezoresistive_differential_pressure_sensor-858280.html

SIEMENS. (2013). Obtenido de <http://industria.siemens.com.mx/Large%20Drives/Html/Drives%20Media%20Tensi%C3%B3n.html>

SIEMENS. (2013). *PLM automation*. Recuperado el 2013, de http://www.plm.automation.siemens.com/es_sa/plm/cad.shtml

Sri Chinmoy Centre. (2013). Obtenido de http://es.srichinmoycentre.org/meditacion/aprende_meditacion_online/semana_4/hacia_una_conciencia_superior

superrobotica. (2013). Obtenido de <http://www.superrobotica.com/S320110.htm>

TAPPI. (2007). *An introduction to cetrifugal cleaners*.

tecnologiasselectividad. (2009). Obtenido de <http://tecnologiasselectividad.blogspot.com/2009/07/tornillo-sin-fin-corona.html>

tekserve. (2013). Obtenido de <http://faq.tekserve.com/mac-faq-12th-edition-download-pdf/>

termokew. (2013). Obtenido de <http://www.termokew.mx/termopares-tipo-compresion.php>

Textos científicos . (2005). Producción de pasta con refinador mecánico.

Tienda Biomasa. (2011). *Tienda Biomasa*. Recuperado el 2013, de <http://tiendabiomasa.com/>

Tucker, W. (2013). *Definición de los sistemas hidráulicos y neumáticos*.

uControl. (2013). Obtenido de <http://www.ucontrol.com.ar/forosmf/problemas-con-mis-proyectos/ayuda-con-pwm-y-puente-h/?PHPSESSID=8k0dviv08oerlhd6oc3m79sua2>

Ulrich, K. T. (2004). *Diseño y desarrollo de productos: un enfoque multidisciplinario*. McGraw-Hill.

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Universidad Nacional de Colombia. (2009). *Informe de Resultados Laboratorio de Carbones*. Medellín.

Universitat de València. (2011). *Balanzas*.

unocero. (2013). Obtenido de <http://www.unocero.com/2013/10/19/nuevos-trucos-para-un-viejo-display-lcd/>

USERS. (2011). *Microcontroladores funcionamiento, programacion y usos practicos*.

Velásquez , J. (2005). *Aprovechamiento no convencional de los lodos primarios y del licor negro resultantes de la fabricación de papel*. Unviersidad Pontificia Bolivariana, Medellín.

vibrasec. (2013). *vibrasec*. Obtenido de <http://vibrasec.com/vibrasec/principio-de-funcionamiento-3/>

WIKIMEDIA. (2013). Obtenido de <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Microswitch.jpg>

Wikimedia Commons. (2013). Obtenido de http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Epicyclic_gear_ratios.png

wim-systems. (2013). Obtenido de <http://www.wim-systems.com/celdas-de-carga-wim-wlc-st.html>

Wordreference. (2005). *Wordreference.com*. Recuperado el 2013, de <http://www.wordreference.com/definicion/saponificar>

wtcylinder. (2013). Obtenido de <http://www.wtcylinder.es/2-piston-cylinder-3.html>

XBEE. (2013). *Modulos de transmision inalambrica*. Obtenido de <http://www.xbee.cl>

Zenith. (2013). *Zenith Crusher For Sale*. Recuperado el 2013, de <http://crushersale.com/faq/gold-ore-washing-machine.html>

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

ANEXOS

Anexo 1 Ficha técnica Lippel LB 32

Modelo:	LB 32
Potencia (HP):	3
Calentamiento de la matriz:	Resistencia eléctrica
Dimensiones de la matriz (mm):	35x45x280
Máxima fuerza del cilindro (Kg):	10.000
Dimensiones de la base (mm):	520l x 1100c x 1800 a
Curso (mm):	300
Diámetro (mm):	32
Accionamiento:	Motor electrico

La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

Anexo 2 Ficha técnica KOMAREK B050

Datos Técnicos Básicos da Máquina:



Diámetro del Rodillo	100 [mm]	(3.9 [pulgadas.])
Velocidad del Rodillo	0 - 7.5 [1/min]	(0 - 7.5 [rpm])
Rodillo Máximo	Torque 2 x 380 [Nm]	(2 x 280 [lb. pie.])
Fuerza Máxima de Separación de los Rodillos	50[kN] (13.2[kN/cm])	(5.6 [t corta] 3.5 [t/pulgadas.])
Anchu ra del Rodillo	38[mm]	(1.5 [pulgadas.])
Velocidad de la Rosca Alimentadora	0 - 137[1/min]	(0 - 137 [rpm])
Torque Máximo de la Rosca Alimentadora	42[Nm]	(31 [lb. pie])
Velocidad del Mezclador	variable	
Tamaño Máximo de la Briqueta	34 x 18 x12[mm]	(1.34 x 0.70 x 0.48 [pulgadas.])
Mineral Refinado	1 - 25 [kg/h]	(1 - 55 [lb/h])
Potencia Total Instalada	1.5 [kW]	(2 [HP])
Alimentado Eléctrica	220 V, 50/60 Hz monofásico	

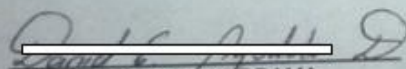
La información presentada en este documento es de exclusiva responsabilidad de los autores y no compromete a la EIA.

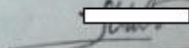


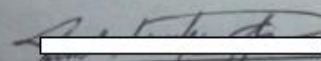
ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA

ACTA DE EVALUACIÓN FINAL DE TRABAJO DE GRADO

Fecha: (dd /mm / aa)	21 /11/ 2013
Nombre del Proyecto:	Diseño de un Generador de Briquetas Combustibles a partir de la Compactación de Lodos Papeleros
Nombre del Director:	Luis Vicente Wilchez Peña
Nombre del estudiante	Programa académico
David Barrero Jaramillo	Ingeniería Mecatrónica
Nombre del Jurado:	Yessid Montoya Gera ; Daniel Lopez Monter
Evaluación del proyecto: Espacio exclusivo para jurado	
<input type="checkbox"/> No aprobado <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado sin mención	
<input type="checkbox"/> con Mención Pública <input type="checkbox"/> con Mención honorífica <input type="checkbox"/> Trabajo laureado	
Justificación del reconocimiento: (Artículo 28 del Acuerdo 11: "El director del Programa presentará el acta final de evaluación al Consejo Académico, donde consta la solicitud de mención especial debidamente justificada y el Consejo determinará si se otorga o no")	


DIRECTOR DEL PROGRAMA


DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO


JURADO (Si lo hubo)